中等职业技术学校规划教材

Mechanical Drawing

机械制图

莫新鉴 闭克辉⊙主编

- 以国家相关职业标准为依据
- 从生产实际出发，合理安排教材的知识
- 引入新技术、新工艺内容，反映行业的新标准

本书配有电子教学参考资料包

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

http://www.phei.com.cn

中等职业技术学校规划教材

机械制图

主　编　莫新鉴　闭克辉
副主编　李清文　廖　芳　覃德荣
　　孙经署　梁　莉　越小炯
参　编　马　永　周全强　麻旺朝　黄　伟
　　石方文　徐贯里　莫滔滔　郭耀彩

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要包括必学基础内容和选学拓宽内容。基础内容是中等职业学校机械类各专业学生都要学习的基本内容和最低要求。教材中标有“*”的内容可供不同学校对不同专业和岗位的需要作弹性选择。本书具体内容包括：机械制图的基本知识、投影的基本知识、立体的表面交线、组合体视图、机件常用表达方法、标准件和常用件、零件图、装配图简介。

本书可作为中等职业教育机械类专业教材，也可供工科其他相关专业（如数控、模具、机电等专业）使用。

本书配套有《机械制图习题集》和电子教学资料包（包括教学指南、电子教案、习题答案等）。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目（CIP）数据

机械制图/莫新鉴，闭克辉主编．—北京：电子工业出版社，2010.8
中等职业技术学校规划教材
ISBN 978-7-121-10855-6

Ⅰ．①机…　Ⅱ．①莫…　②闭…　Ⅲ．①机械制图-专业学校-教材　Ⅳ．①TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 084973 号

策划编辑：白　楠
责任编辑：白　楠　　特约编辑：王　纲
印　　刷：
装　　订：
出版发行：电子工业出版社
　　北京市海淀区万寿路 173 信箱　邮编 100036
开　　本：787×1092　1/16　印张：12　字数：307.2 千字
印　　次：2010 年 8 月第 1 次印刷
印　　数：3 000 册　　定价：22.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

前　　言

图样跟语言文字一样，是人们表达和交流思想的基本工具，是工业生产中重要的技术文件和交流的重要工具，被称为工程界的技术语言，工程图在工业生产中得到广泛的应用。1959 年，我国正式颁布国家标准《机械制图》。1970 年、1974 年、1984 年相继做了必要修订。为了尽快与国际标准接轨，1992 年以来我国又陆续制定了多项适用于各行业的《技术制图》国家标准。

本书的编写以当前中等职业教育的大纲要求和国家相关职业标准为依据，确保在知识内容和技能水平上符合国家职业鉴定标准。本书以切实培养和提高中等职业学校机械类专业学生的专业技能为目的，突出实用性和针对性，将读图、绘图贯彻始终，加强读图、测绘能力训练，培养学生的读图、绘图能力、实践能力和不断创新的精神。在结构安排和表达方式上，本书强调由浅入深，循序渐进，力求做到图文并茂。本书可作为中等职业学校机械类专业教材，也可供其他相关专业（如机电、数控、模具等专业）学生及工程技术人员使用。

本书除绪论外分 8 章。第 1 章介绍了机械制图的基本知识；第 2 章介绍了投影的基本知识；第 3 章介绍了立体的表面交线，包括截交线和相贯线；第 4 章介绍了组合体视图，包括组合体视图的画法、尺寸标注、识读组合体视图等；第 5 章介绍了机件的表达方法；第 6 章介绍了标准件和常用件；第 7 章介绍了零件图；第 8 章介绍了装配图。

建议学时分配如下：

章　　节	绪　　论	1	2	3	4	5	6	7	8	机　　动	总　　计
学时数	2	10	10	10	16	20	10	16	14	4	112

在教学过程中，可根据实际情况进行调整。其中有个别章节或知识点可作为选授或学生自学内容，已在书中用 * 注明。

本书由莫新鉴、闭克辉任主编，李清文、覃德荣、孙经署、廖芳、越小炯、梁莉任副主编，参加本书编写的还有：马永、周全强、黄伟、麻旺朝、石方文、徐贯里、莫滔滔、郭耀彩。

由于作者水平所限，加之时间仓促，书中疏漏和错误之处在所难免，欢迎广大读者提出宝贵意见。联系方式：莫新鉴：(E-mail:182868947@ QQ. COM)

为了方便教师教学，本书还配有电子教学参考资料包。请有此需要的教师登录华信教育资源网(www. hxedu. com. cn)免费注册后进行下载，有问题时请在网站留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@ phei. com. cn)。

编者

2010 年 6 月

目　　录

绪论 …… (1)
第 1 章　机械制图的基本知识 …… (5)
1.1　制图工具 …… (5)
1.2　国家标准关于制图的一般规定 …… (7)
1.3　尺寸标注 …… (11)
1.4　几何作图 …… (14)
1.5　平面图形的画法 …… (19)
第 2 章　投影的基本知识 …… (21)
2.1　投影法的基本知识 …… (21)
2.2　三视图 …… (23)
*2.3　点的投影 …… (26)
*2.4　直线的投影 …… (28)
*2.5　平面的投影 …… (31)
2.6　几何体的投影 …… (34)
2.7　轴测图简介 …… (41)
第 3 章　立体的表面交线 …… (48)
3.1　截交线 …… (49)
3.2　相贯线 …… (54)
第 4 章　组合体视图 …… (58)
4.1　组合体的概念和分析法 …… (58)
4.2　组合体视图的画法 …… (62)
4.3　组合体的尺寸标注 …… (65)
4.4　识读组合体视图 …… (69)
第 5 章　机件常用的表达方法 …… (76)
5.1　视图 …… (76)
5.2　剖视图 …… (79)
5.3　断面图 …… (89)
5.4　其他表达方法 …… (93)
第 6 章　标准件和常用件 …… (97)
6.1　螺纹 …… (97)
6.2　螺纹紧固件及其连接的画法 …… (104)
6.3　键连接和销连接 …… (108)
6.4　齿轮 …… (110)
6.5　滚动轴承 …… (116)
第 7 章　零件图 …… (122)
7.1　零件图的作用与内容 …… (122)
7.2　零件图的视图选择 …… (123)
7.3　零件图的尺寸标注 …… (125)

7.4　零件图上技术要求的注写 …… (129)
7.5　常见典型零件分析 …… (139)
7.6　零件上常见的工艺结构 …… (143)
7.7　读零件图 …… (146)
7.8　零件测绘 …… (148)
第8章　装配图简介 …… (151)
8.1　装配图的表达方法 …… (151)
8.2　装配图的尺寸标注、零件编号及明细表 …… (155)
8.3　识读装配图 …… (157)
8.4　由装配图拆画零件图 …… (163)
附录 …… (167)
附录1　螺纹 …… (167)
附录2　螺栓 …… (170)
附录3　螺柱 …… (171)
附录4　螺母 …… (172)
附录5　垫圈 …… (173)
附录6　螺钉 …… (174)
附录7　键 …… (176)
附录8　销 …… (178)
附录9　滚动轴承 …… (179)
附录10　标准公差及常用配合孔和轴的极限偏差 …… (182)

绪　　论

1. 图样的内容和作用

图样是工业生产中重要的技术文件，是进行技术交流的重要工具，因此被称为工程界的技术语言。图样包括以下几种。

① 立体图：图 0-1（a）为千斤顶立体图。它由底座、顶块、螺杆等零件组成。

② 零件图：图 0-1（b）为千斤顶顶块的零件图。零件图是表达零件的结构、形状、大小 及有关技术要求的图样，是加工零件的依据。在制造机器时，要根据零件图加工零件，再按装配图把零件装配成机器。机器是由若干零件组装而成的。

③ 装配图：图 0-1（c）为千斤顶装配图。装配图是表示组成机器各零件之间的连接方式和装配关系的图样，只有根据装配图所表达的装配关系和技术要求，把合格的零件装配在一起，才能制造出机器。

本课程正是研究识读和绘制机械图样的方法的课程。

2. 投影的方法和分类

物体在光线照射下，会在地面或墙上产生影子，根据这种自然现象，人们创造了投影的方法。

工程上常用的投影法分为两类。

（1）中心投影法

中心投影法如图 0-2（a）所示。在日常生活中，照相、放映电影等均为中心投影法的实例。

（2）平行投影法

正投影法是投射线与投影面垂直的平行投影法，如图 0-2（b）所示。机械图样是按正投影法绘制的。

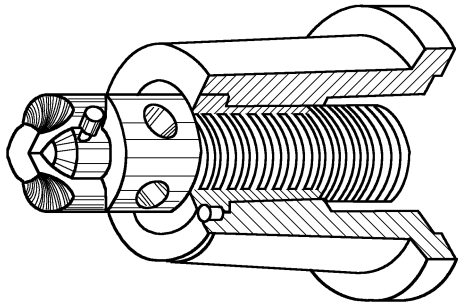
斜投影法是投射线与投影面倾斜的平行投影法，如图 0-2（c）所示。

3. 工程上常用的投影图

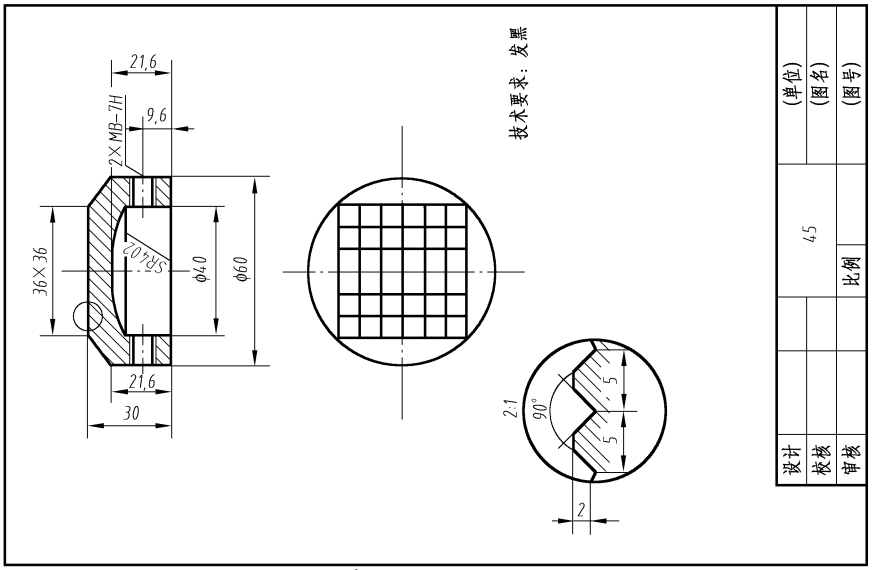
（1）轴测图

用平行投影法将物体投射到单一投影面上所得到的图形称为轴测图。

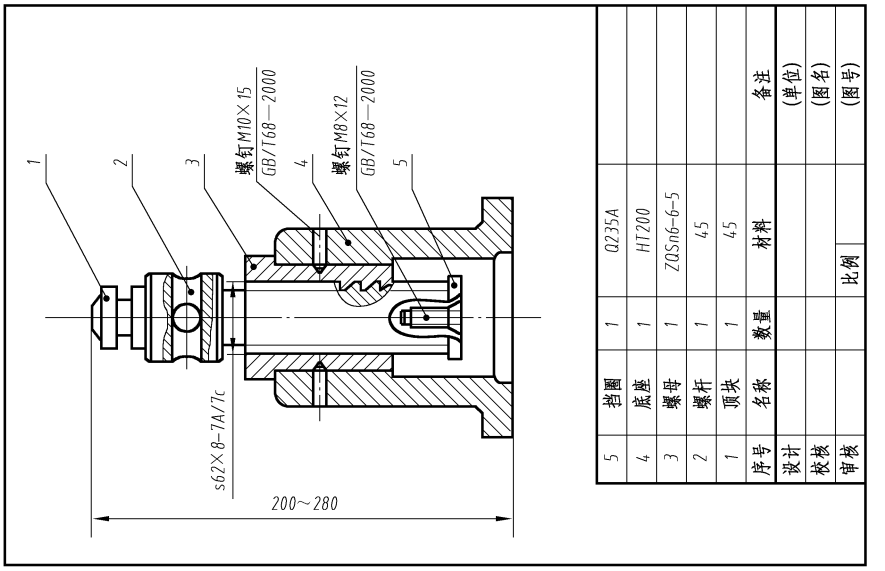
如图 0-3 所示，物体上互相平行且长度相等的线段，在轴测图上仍互相平行，长度相等。轴测图虽然不符合近大远小的视觉习惯，但仍具有很强的直观性，所以在工程上特别是机械图样中应用广泛。



(a) 立体图

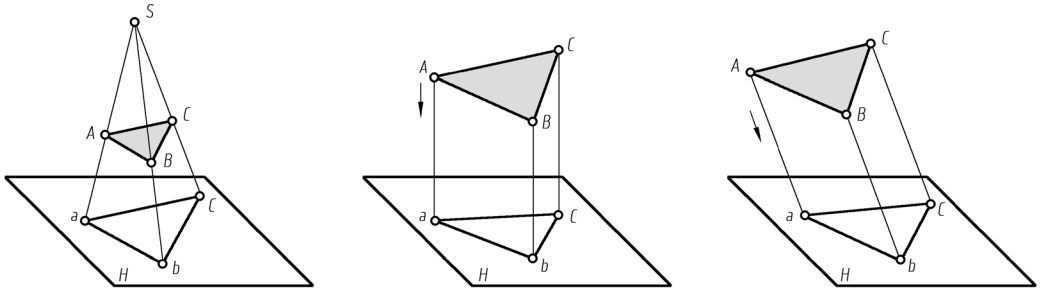


(b) 顶块零件图



(c) 装配图

图0-1 千斤顶



(a) 中心投影法　　(b) 正投影法　　(c) 斜投影法

图 0-2　投影法

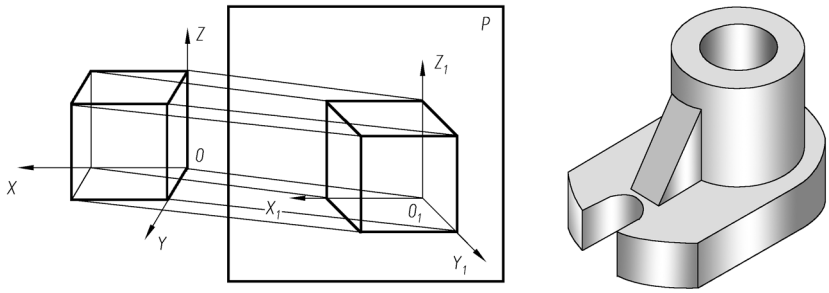


图 0-3　轴测图

（2）多面正投影图

由正投影法所得的图形称为正投影图。

用正投影法将物体分别投射到相互垂直的几个投影面上，如 *V*、*H*、*W* 面，得到三个投影，然后将 *H*、*W* 面旋转，使其与 *V* 面在一个平面内。这种用一组投影表达物体形状的图，称为多面正投影图，如图 0-4 所示。

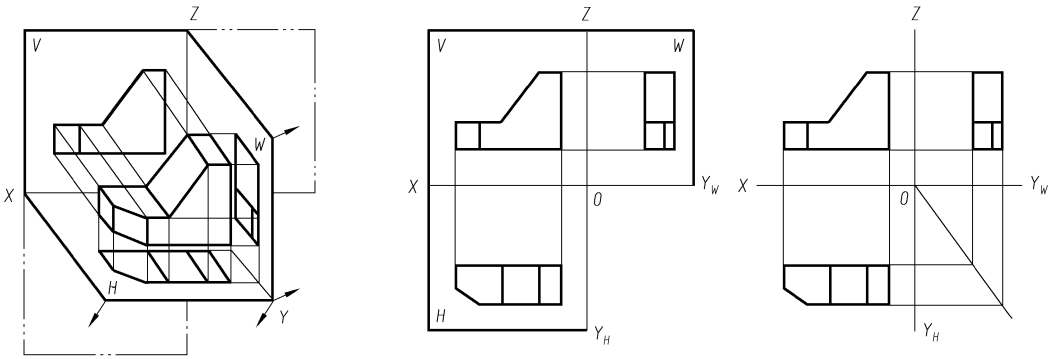


图 0-4　多面正投影图

正投影图直观性不强，但能正确反映物体的形状和大小，而且作图方便，度量性好，所以在工程上得到广泛应用。

4. 本课程的内容和学习方法

① 机械图样的绘制与识读基础。包括国家标准的有关规定、图示原理和绘图方法、轴测图画法及读图的基本方法等。

② 机械图样的表达。包括图样的基本表示法、常用件及常用结构要素的特殊表示法、零件和部件的表达等。

③ 机械图样的识读。包括图样上技术要求的注写和识读、零件图和装配图的识读方法与步骤等。

第1章 机械制图的基本知识

【学习目标】

- 熟练使用制图工具。
- 了解国家标准关于制图的规定。
- 掌握尺寸标注。
- 掌握平面图形的画法。

【教学目标】

- 知识目标：掌握制图工具的使用方法，并按照国家标准要求绘制简单的平面图形。
- 能力目标：通过对制图知识的初步学习，培养学习兴趣和提高绘图能力。

【教学重点】

- 平面图形的绘制。
- 尺寸标注。

【教学难点】

- 圆弧连接的画法。
- 平面图形的绘制。

【教学方法】

分析法、演示法、练习法。

1.1 制图工具

要保证绘图的质量和速度，必须养成正确使用制图工具的良好习惯。现将常用制图工具介绍如下。

1.1.1 图板、丁字尺、三角板

1. 图板

图板用做绘图的垫板。要求其表面平整光滑，左边作为导边，必须平直。

2. 丁字尺

丁字尺主要用于绘制水平线。它是由互相垂直的尺头和尺身组成的，如图 1-1（a）所示。

3. 三角板

一副三角板由一块 45°直角三角板和一块 30°直角三角板组成。使用方法如图 1-1（b）、图 1-1（c）及图 1-2 所示。

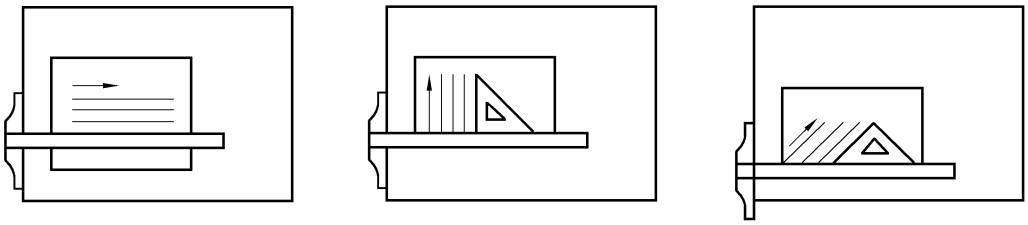


图 1-1　用丁字尺、三角板画线

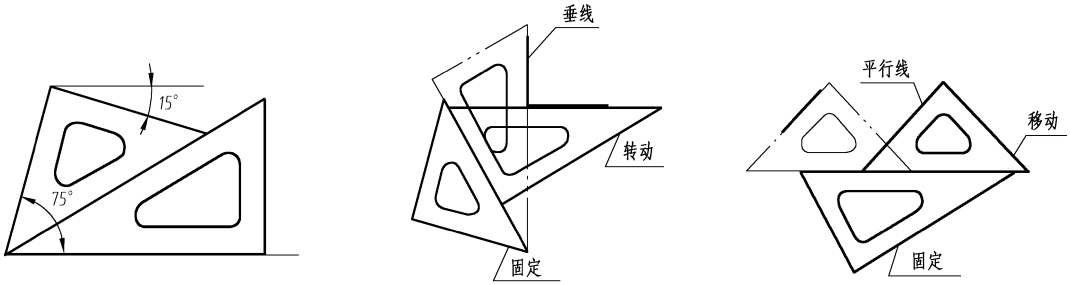


图 1-2　两块三角板配合使用

1.1.2 圆规与分规

1. 圆规

圆规用来画圆和圆弧，如图 1-3 所示。

2. 分规

分规用来量取尺寸和等分线段。使用前先并拢两针尖，检查其是否平齐。用分规等分直线段的方法如图 1-4 所示，用同样的方法也可等分圆周和圆弧。

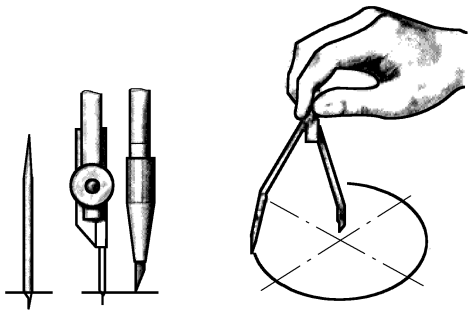


图 1-3　圆规

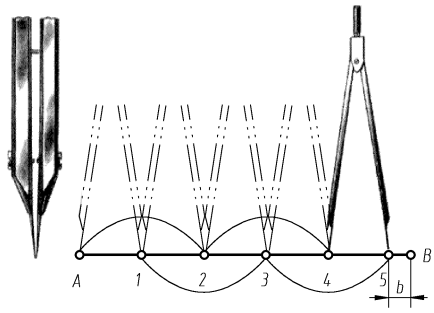


图 1-4　分规

1.1.3　比例尺

常用的比例尺是三棱尺，如图 1-5 所示，它有三个尺面，刻有 6 种不同比例的尺标。例如，按比例 1:100 画图时，图上 1cm 长度即表示实际长度为 100cm。

在绘制机械图样时，1:100 可当做 1:1 使用，此时每一小格刻度为 1mm，1:200 可当做 1:2使用，每一小格刻度为 2mm。

1.1.4　铅笔

绘图时，一般画粗实线常用 B 或 HB 铅笔，写字常用 HB 或 H 铅笔，画细实线、虚线、细点画线常用 H 或 2H 铅笔。铅笔的削法如图 1-6 所示，注意画粗、细线的笔尖的区别。

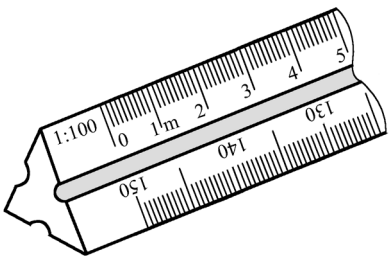
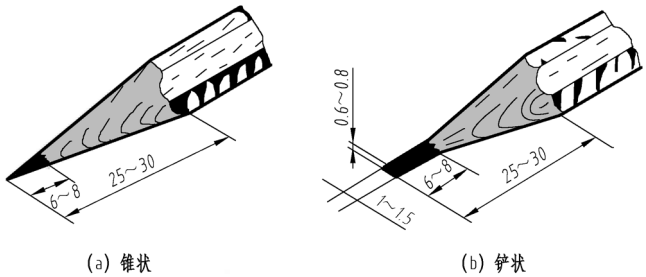


图 1-5　三棱尺



(a) 锥状　　(b) 铲状

图 1-6　铅笔的削法

除了上述工具外，绘图时还要备有削铅笔的工具、磨铅笔的砂纸、固定图纸的胶带纸、橡皮擦等。有时为了画非圆曲线还要用到曲线板，量取不同的角度要用到量角器，配合橡皮擦擦去多余线条要用到擦图片。如果需要描图，还要用直线笔（俗称鸭嘴笔）或针管笔。

1.2　国家标准关于制图的一般规定

我国国家标准（简称国标）的代号是“GB”（“GB/T”为推荐性国标）。需要注意的是《机械制图》标准适用于机械图样，《技术制图》标准则对工程界的各种专业技术图样普遍适用。

本节主要介绍制图标准中的图纸幅面、比例、字体和图线等制图基本规定，其他标准将在有关章节中叙述。

1.2.1 图纸幅面和格式

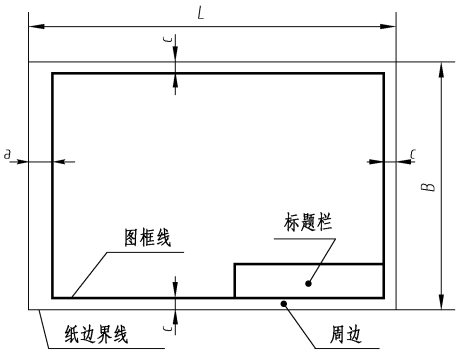
根据 GB/T 14689—2008 的规定，绘制图样时，应优先选用表 1-1 中规定的图纸基本幅面。

表 1-1 基本幅面及尺寸 （单位：mm）

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1189	594×841	420×594	294×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

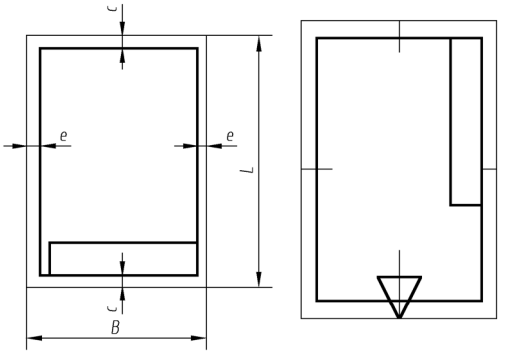
图框线用粗实线绘制，图纸边界线用细实线绘制。其格式分为留装订边（如图 1-7（a）所示）和不留装订边（如图 1-7（b）所示）两种。尺寸按表 1-1 中的规定。

图框右下角必须画出标题栏，标题栏中的文字方向为看图方向。为了使图样复制和缩微摄影时定位方便，均应在图纸各边长的中点处分别画出对中符号（粗实线）。如果使用预先印制的图纸，需要改变标题栏的方位时，必须将其旋转至图纸的右上角，此时，为了明确绘图与看图的方向，应在图纸的下边对中符号处画一个方向符号，如图 1-8 所示。标题栏的内容、格式及尺寸，国家标准（GB/T 10609.1—2008）均有规定。本书一般采用如图 1-9 所示的格式。



(a) 留装订边

图 1-7 图框格式



(b) 不留装订边

图 1-8 对中符号与看图方向

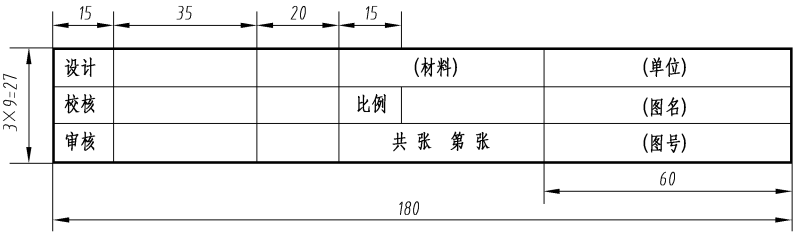


图 1-9 标题栏格式

1.2.2 比例

比例是指图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

根据国家标准（GB/T 14690—1993），当需要按比例绘制图样时，应从表 1-2 规定的系列中选取。

表 1-2　绘图比例

原值比例	1:1				
放大比例	2:1 （2.5:1）	5:1 （4:1）	1×10^n:1 （2.5×10^n:1）	2×10^n:1 （4×10^n:1）	5×10^n:1
缩小比例	1:2 （1:1.5） $1:1.5\times10^n$	1:5 （1:2.5） $1:2.5\times10^n$	$1:1\times10^n$ （1:3） $1:3\times10^n$	$1:2\times10^n$ （1:4） $1:4\times10^n$	$1:5\times10^n$ （1:6） $1:6\times10^n$

注：n 为正整数，优先选用不带括号的比例。

为看图方便，建议尽可能按机件的实际大小即原值比例画图，如机件太大或太小，则采用缩小或放大比例画图。不论放大或缩小，标注尺寸时必须注出设计要求的真实尺寸。图 1-10为用不同比例画的同一图形。

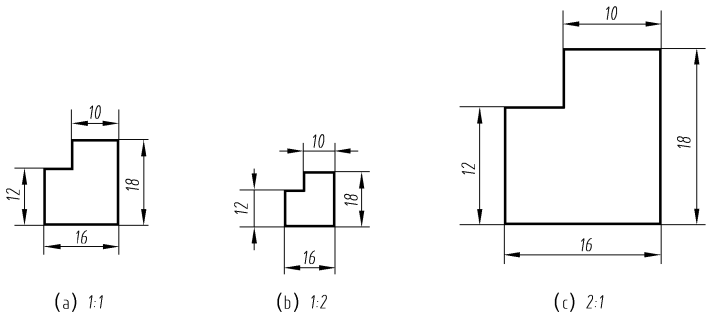


图 1-10　用不同比例画出的同一图形

1.2.3　字体

图样中书写的汉字、数字、字母，必须做到字体工整，笔画清楚，间隔均匀，排列整齐。按照国家标准（GB/T 14691—1993），字体的号数即字体的高度 h，分为20mm，14mm，10mm，7mm，5mm，3.5mm，2.5mm，1.8mm 共 8 种。

汉字按长仿宋体书写，并采用中华人民共和国国务院正式公布推选的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度不应小于 3.5mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$。

数字和字母可采用斜体或直体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线约成 75°。

字母和数字分 A 型和 B 型两种，建议采用 B 型字体。B 型字体的笔画宽度（d）为字高（h）的 1/10。

1. 长仿宋体汉字示例

字体工整笔画清楚间隔均匀排列整齐

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

汉字的基本笔画为点、横、竖、撇、捺、折、勾。

2. B 型斜体数字示例

3. B 型斜体拉丁字母示例

ABCDEFGHIJKLMN
OPQRSTUVWXYZ

0123456789

I II III IV V VI VII VIII IX X

1.2.4 图线

我国现行的图线专项标准有两项，即 GB/T 4457.4—2002《机械制图　图样画法　图线》和 GB/T 17450—1998《技术制图　图线》。在绘制机械图样时，应在不违背 GB/T 17450 的前提下，继续贯彻 GB/T 4457.4 中的有关规定。

国家标准（GB/T 17450—1998）规定了 15 种基本线型，并允许变形、组合而派生出其他图线。机械图样中常用线型的名称、型式及应用见表 1-3。

表 1-3　线型名称、型式及应用

线型名称	图线型式	一般应用
实线		粗实线用做可见轮廓线
		细实线用做尺寸线、尺寸界线、剖面线、引出线等
虚线		不可见轮廓线
点画线		细点画线用做轴线、对称中心线
		粗点画线用做有特殊要求的线或表面的表示线
双点画线		极限位置轮廓线、假想投影轮廓线、中断线
双折线		断裂处的边界线
波浪线		断裂处的边界线、视图与局部剖视的分界线

在机械图样上采用粗、细两种线宽，其线宽比例是 2:1。所有线型的图线宽度 d 按图样的类型和尺寸大小在 0.13mm，0.18mm，0.25mm，0.35mm，0.5mm，0.7mm，1mm，1.4mm，2mm 数系中选择。在同一图样中，同类图线的宽度应一致。虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等。图线应用示例如图 1-11 所示。

图线相交时应相交于画线处。如图 1-12 所示，圆的中心线用细点画线画出，两线应相交于画线处，而不要相交于点或间隔处。点画线一般超出轮廓线 2～5mm。

在较小的图形上绘制点画线有困难时，可用细实线代替，如图 1-13 所示。

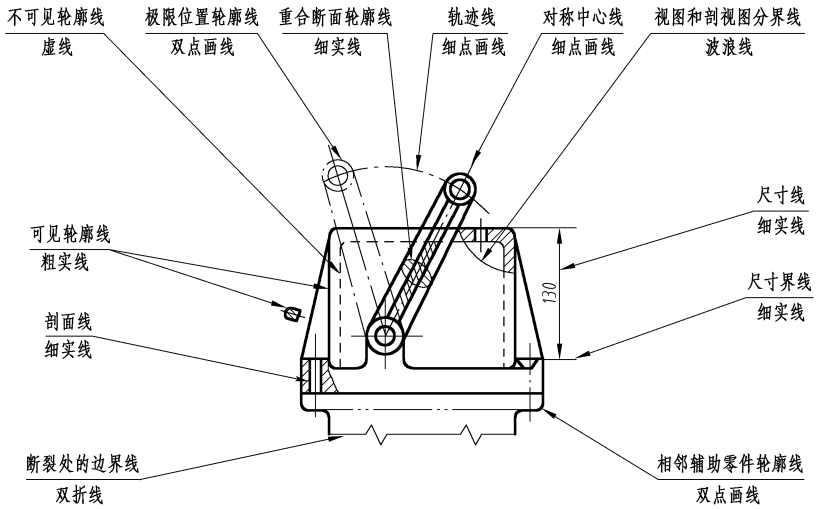
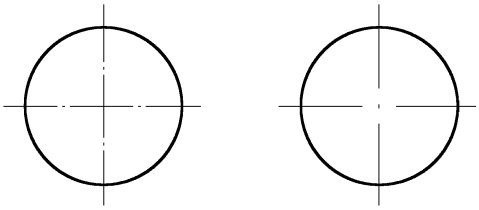


图 1-11　图线应用示例



(a) 正确　　(b) 错误

图 1-12　图线相交

图 1-13　小圆中心线用细实线画出

1.3　尺寸标注

图形只能表示物体的形状，而其大小则要由尺寸表示，因此，尺寸标注十分重要。标注尺寸时，应严格遵照国家标准有关尺寸注法的规定（GB/T 4458.4—2003），做到正确、齐全、清晰、合理。

1.3.1　尺寸标注的基本规则

机件的真实大小应以图样上所注的尺寸数值为依据，与图形的大小及绘图的准确度

无关。

图样中的尺寸以 mm 为单位时，不必标注计量单位的符号或名称，如果用其他单位，则必须注明相应的符号。

图样中所注的尺寸为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

机件的每个尺寸一般只标注一次，并应标注在表示该结构最清晰的图形上。

1.3.2 标注尺寸的要素

标注尺寸一般包括三要素：尺寸界线、尺寸线、尺寸数字，如图 1-14 所示。

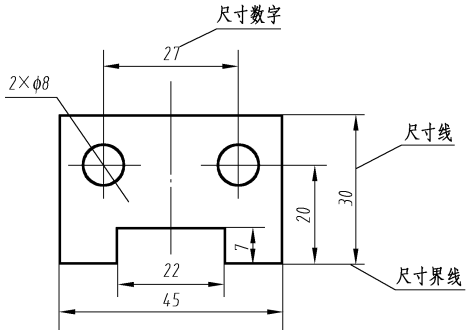


图 1-14　标注尺寸三要素

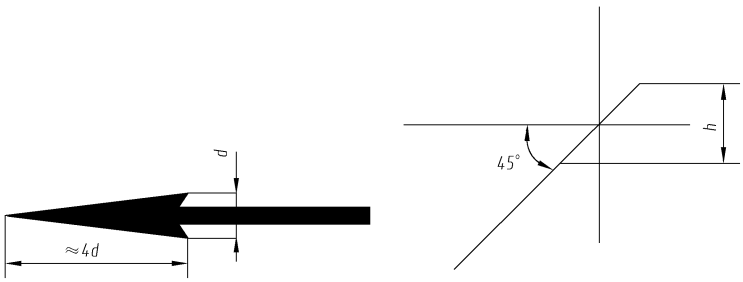
1. 尺寸界线

尺寸界线用细实线绘制，并由图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出，也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作为尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直，并超出尺寸线的终端。

2. 尺寸线

尺寸线用细实线绘制，不能用其他图线代替，一般也不得与其他图线重合或画在其延长线上。标注线性尺寸时，尺寸线必须与所注的线段平行；当有几条互相平行的尺寸线时，大尺寸要注在小尺寸外面。在圆或圆弧上标注直径或半径尺寸时，尺寸线一般应通过圆心或其延长线通过圆心。

尺寸线的终端有两种形式。如图 1-15（a）所示的画法在机械图样中采用（d 为粗实线宽度）。如图 1-15（b）所示的画法在建筑图样中采用（h 为字体的高度）。



(a) 机械图样中的画法　　(b) 建筑图样中的画法

图 1-15　尺寸线终端的画法

3. 尺寸数字

线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方或左方，也允许注写在尺寸线的中断处。在同一图样上，数字的注法应一致。

注写线性尺寸数字时的要求如下：

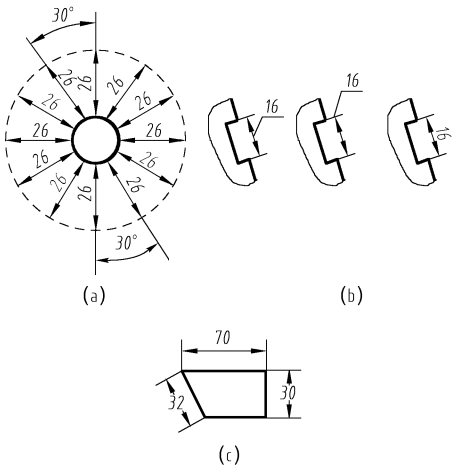
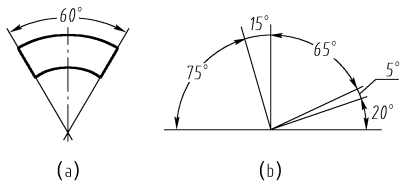
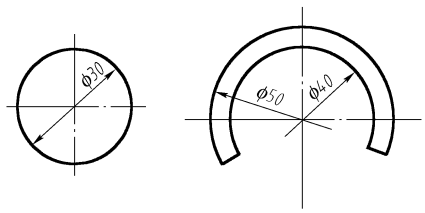
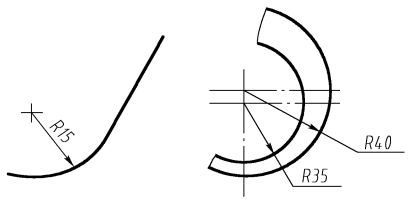
① 尺寸线为水平方向时，尺寸数字由左向右书写，字头向上。

② 尺寸线为竖直方向时，尺寸数字由下向上书写，字头朝左。

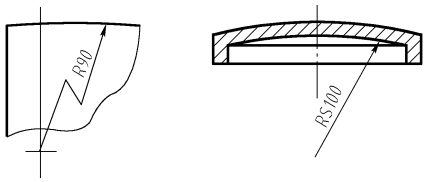
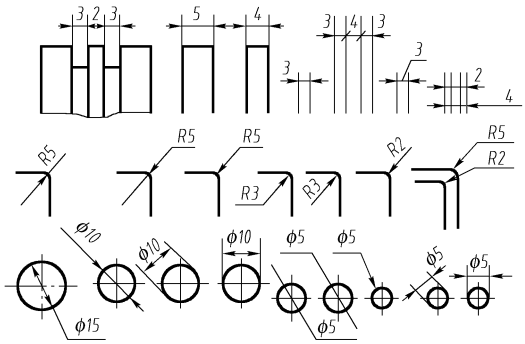
③ 在倾斜的尺寸线上注写尺寸数字时，必须使字头方向有向上的趋势。

线性尺寸、角度尺寸、圆和圆弧、小尺寸等尺寸的注法见表 1–4。

表 1–4　尺寸注法示例

标注内容	示　例	说　明
线性尺寸		线性尺寸应按图（a）的方向书写，尽量避免在图示 30°范围内标注尺寸。无法避免时可按图（b）标注。在不引起误解时，非水平方向的尺寸数字可水平注写在尺寸线的中断处，如图（c）所示，但同一图样中注法应一致
角度尺寸		尺寸界线应沿径向引出，尺寸线画成圆弧，圆心是角的顶点。尺寸数字一律水平书写，一般注在尺寸线的中断处，如图（a）所示，必要时也可按图（b）的形式标注
圆		标注圆的直径时，应在尺寸数字前面加注符号“ϕ”，尺寸线的终端应画成箭头
圆弧		标注圆弧半径时，应在尺寸数字前面加注符号“R”，尺寸线的终端应画成箭头

续表

标注内容	示　　例	说　　明
大圆弧		在图纸范围内无法标出圆心位置，或者标注无须标出圆心位置时，按图示标注
小尺寸		在没有足够的位置画箭头或注写数字时，按图示形式标注

1.4　几何作图

机件的轮廓形状基本上都是由直线、圆弧和一些其他曲线组成的几何图形，绘制几何图形称为几何作图。下面介绍几种最常用的几何作图方法。

1.4.1　基本作图方法

1. 等分直线段

等分直线段的方法如图 1–16 所示。

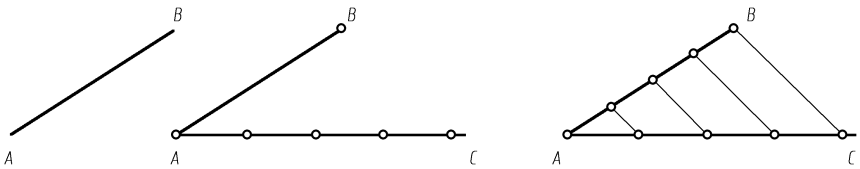


图 1–16　分割直线段 *AB* 为 4 等份

① 过已知直线段的一端点作任一射线，由此端点起在射线上截取几等份。

② 将射线上的等分终点与已知直线段另一端点相连，并过射线上各等分点作此连线的平行线与已知直线段相交，交点即为所求等分点。

2. 作圆内接正五边形

作圆内接正五边形的方法如图 1–17 所示。

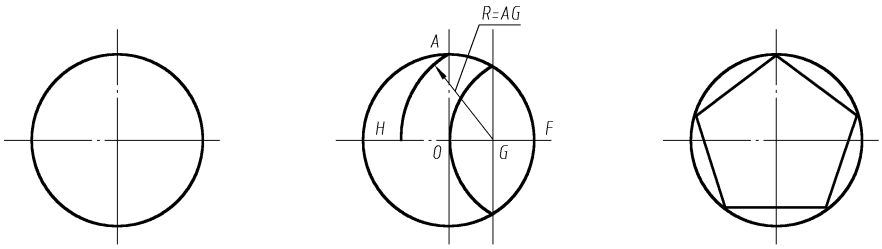


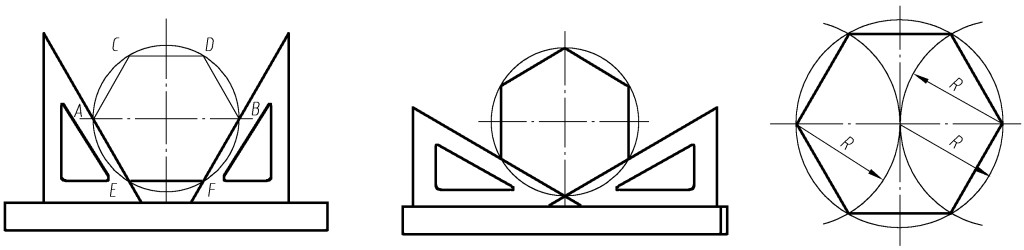
图 1-17　作圆内接正五边形

① 作半径 OF 的等分点 G，以 G 为圆心、AG 为半径画圆弧交水平直径线于 H。

② 以 AH 为半径，分圆周为 5 等份，顺序连接各等分点即成正五边形。

3. 作圆内接正六边形

可用 30°直角三角板或圆规来作图，作图方法如图 1-18 所示。



(a) 用三角板　　(b) 用圆规

图 1-18　作圆内接正六边形

4. 斜度和锥度

（1）斜度

一直线对另一直线或一平面对另一平面的倾斜程度，称为斜度，在图样中以 1:n 的形式标注。

斜度 1:6 的作法如图 1-19（a）所示。由点 A 起在水平线段上取 6 个单位长度，得点 D，过点 D 作 AD 的垂线 DE，取 DE 为一个单位长，连 AE，即得斜度为 1:6 的直线段。

斜度的标注方法如图 1-19（b）所示。斜度符号“∠”和“⊿”与斜度方向一致。斜度符号的画法如图 1-19（c）所示（h 为字高）。

（2）锥度

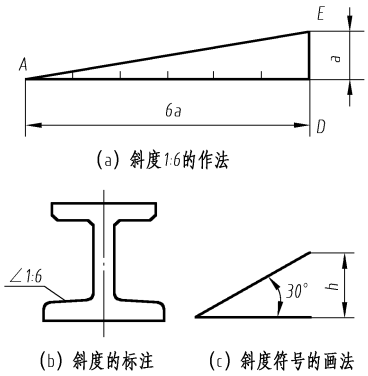
正圆锥底圆直径与圆锥高度之比，称为锥度，在图样中一般以 1:n 的形式标注。

锥度 1:3 的作法如图 1-20（a）所示。由点 S 起在水平线段上取 6 个单位长度得 O 点，过 O 点作 SO 的垂线，分别向上和向下截取一个单位长度，得 A、B 两点，分别将 A、B 点与点 S 相连，即得 1:3 的锥度。

锥度的标注方法如图 1-20（b）所示，锥度符号的方向应与锥度方向一致。锥度符号的画法如图 1-20（c）所示（h 为字高）。

5. 已知长、短轴用四心圆法作椭圆

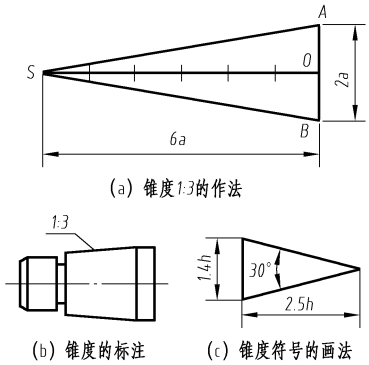
具体画法如图 1-21 所示。



(a) 斜度1:6的作法

(b) 斜度的标注　(c) 斜度符号的画法

图 1-19　斜度



(a) 锥度1:3的作法

(b) 锥度的标注　(c) 锥度符号的画法

图 1-20　锥度

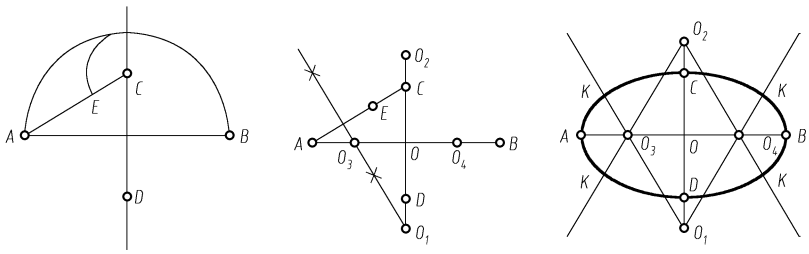


图 1-21　用四心圆法画椭圆

① 画出长、短轴 AB、CD、连 AC，以 C 为圆心、长半轴与短半轴之差为半径画弧交 AC 于 E 点。

② 作 AE 中垂线与长、短轴交于 O_3、O_1 点，并作出其对称点 O_4、O_2。

③ 分别以 O_1、O_2 为圆心，O_1C 为半径画大弧；以 O_3、O_4 为圆心，O_3A 为半径画小弧（大小弧的切点 K 在相应的连心线上），即得椭圆。

6. 圆弧连接

用一段圆弧光滑地连接另外两条已知线段（直线或圆弧）的作图方法称为圆弧连接。作图步骤如下：

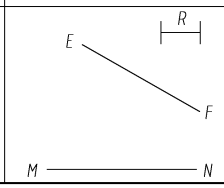
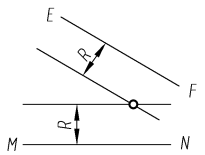
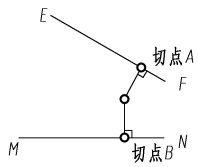
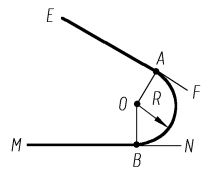
① 确定连接圆弧的圆心。

② 确定连接圆弧与已知线段的切点。

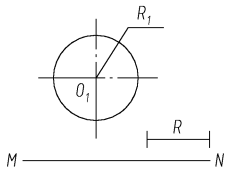
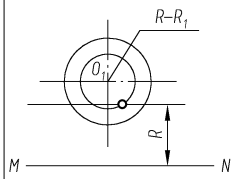
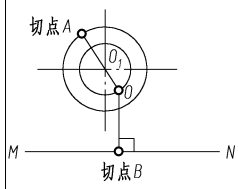
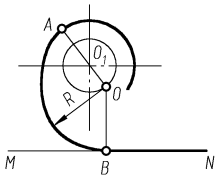
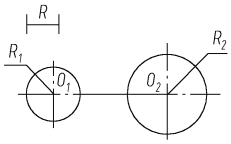
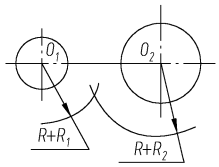
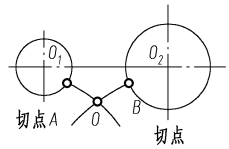
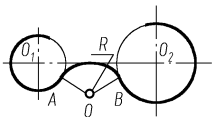
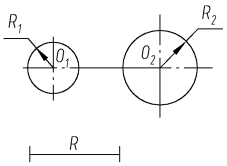
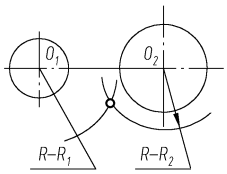
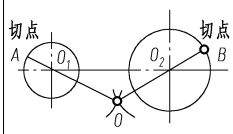
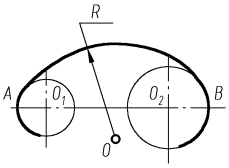
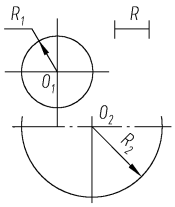
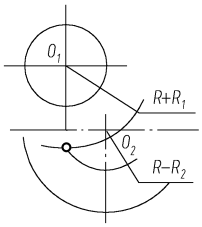
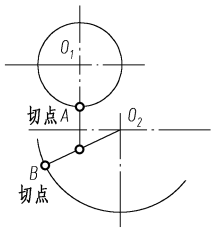
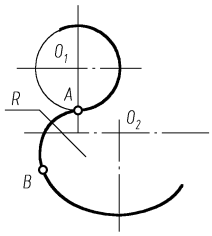
③ 用连接圆弧光滑连接两切点。

作图方法见表 1-5。

表 1-5　圆弧连接

	已知条件	作图方法和步骤		
		求连接圆弧圆心	求切点	画连接弧
圆弧连接两已知直线				

续表

	已知条件	作图方法和步骤		
		求连接圆弧圆心	求切点	画连接弧
圆弧内连接已知直线和圆弧				
圆弧外连接两已知圆弧				
圆弧内连接两已知圆弧				
圆弧分别内外连接两已知圆弧				

1.4.2　平面图形的分析与作图

平面图形是由若干直线和曲线封闭连接而成的。画平面图形时，要对这些直线或曲线的尺寸及连接关系进行分析，才能确定平面图形的作图步骤。

下面以图 1-22 中的手柄为例说明平面图形的分析方法和作图步骤。

1. 尺寸分析

平面图形中所注尺寸按其作用可分为定形尺寸和定位尺寸两类。

定形尺寸指确定形状大小的尺寸，如图 1-22 中的 ϕ20、ϕ5、15、R15、R50、R10、ϕ32、R12 等尺寸。

定位尺寸指确定各组成部分之间相对位置的尺寸，如图 1-22 中的 8 是确定 ϕ5 小圆位置的定位尺寸。有的尺寸既有定形尺寸的作用，又有定位尺寸的作用，如图 1-22 中的 75。

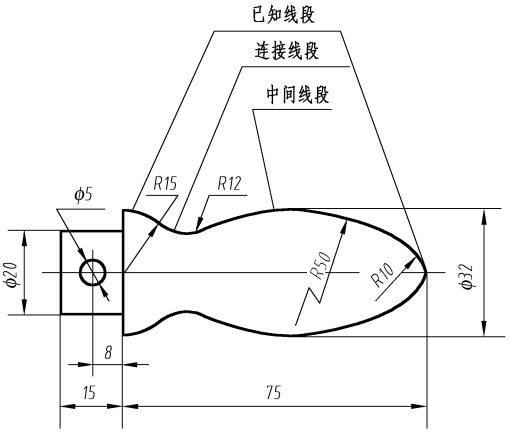


图 1-22　手柄

2. 线段分析

平面图形中的各线段，有的尺寸齐全，可以根据其定形、定位尺寸直接作图画出；有的尺寸不齐全，必须根据其连接关系通过几何作图的方法画出。按尺寸是否齐全，线段分为已知线段、中间线段和连接线段三类。

已知线段指定形、定位尺寸均齐全的线段，如手柄的 $\phi5$、$R10$、$R15$。

中间线段指只有定形尺寸和一个定位尺寸，而缺少另一个定位尺寸的线段。这类线段要在其相邻一端的线段画出后，再根据连接关系（如相切），通过几何作图的方法画出，如手柄的 $R50$。

连接线段指只有定形尺寸而缺少定位尺寸的线段，如手柄的 $R12$。如图 1-23 所示为手柄的作图步骤。

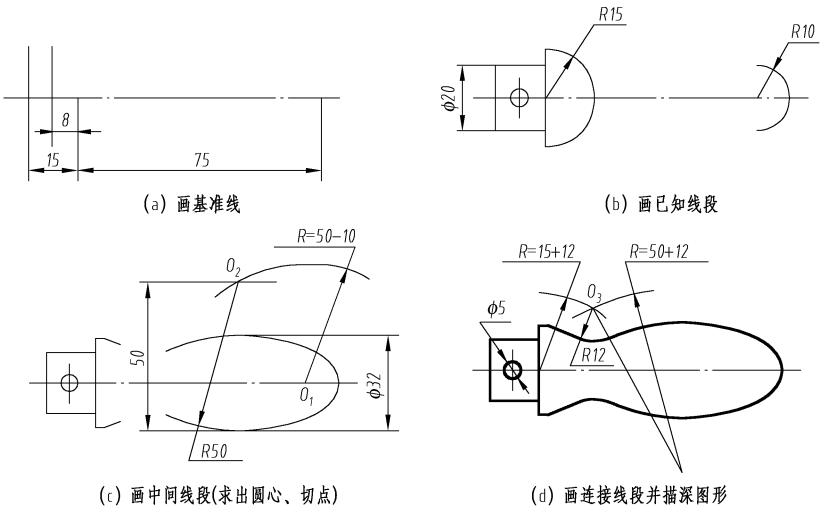


图 1-23　手柄的作图步骤

总结：画平面图形时，应先画出已知线段，再画中间线段，最后画连接线段。

1.5　平面图形的画法

1.5.1　画图前的准备工作

① 准备好必要的制图工具和仪器。

② 确定图形采用的比例和图纸幅面的大小。

③ 将图纸固定在图板的适当位置，使绘图时丁字尺、三角板移动自如。

④ 画出图框和标题栏。

⑤ 分析所画图形的尺寸、各线段的性质及画图的先后顺序，确定图形在图纸上的布局。

1.5.2　画图步骤

下面以图 1-24（a）所示的扳手为例说明画图的步骤。

1. 图形分析

扳手钳口是正六边形的 4 条边。扳手弯头由 $R18$ 和两个 $R9$ 弧形组成，圆心位置已知，$R16$、$R8$、$R4$ 均为连接圆弧。

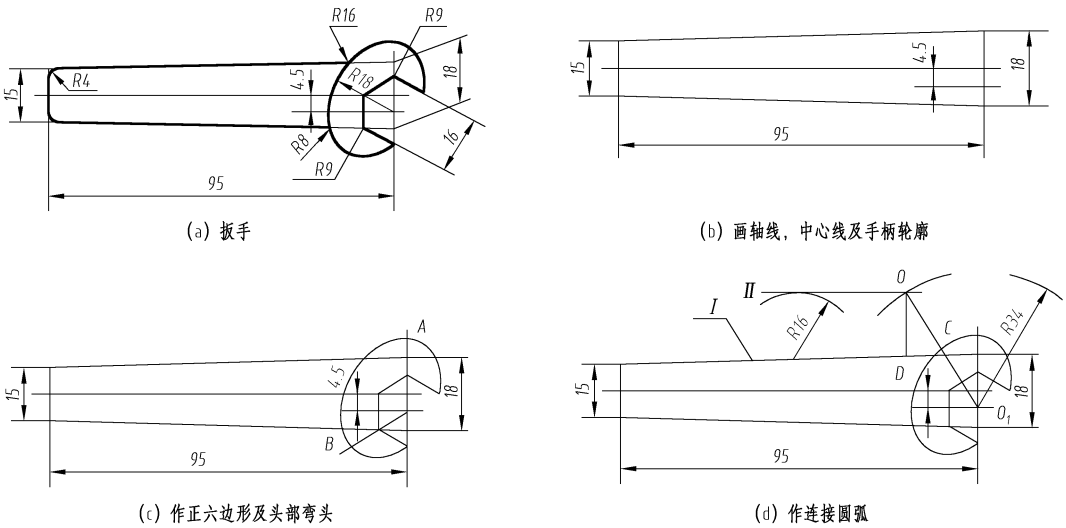


图 1-24　扳手的画图步骤

2. 画底稿

底稿一般用较硬的铅笔（H 或 2H）轻淡地画出。画底稿的步骤如下：

① 根据已知尺寸画出扳手轴线和中心线及手柄的轮廓，如图 1-24（b）所示。

② 根据尺寸 16 作出正六边形，再由 $R18$ 和两个 $R9$ 圆弧作出扳手头部弯头的图形，圆弧的切点是 A 点和 B 点，如图 1-24（c）所示。

③ 作连接圆弧 $R16$ 的圆心。以 O_1 为圆心、以 $R = 18 + 16 = 34$ 为半径画弧，作与直线 I

平行且距离为 16 的直线 *II*，直线 *II* 与圆弧的交点 *O* 即为圆心。作 *R*16 圆弧，点 *C*、*D* 为切点，如图 1–24（d）所示。*R*8 和 *R*4 的圆心求法相同。

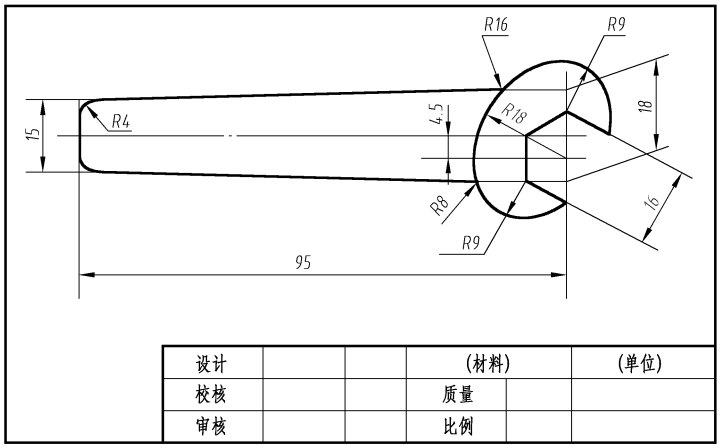
3. 描深

底稿完成后，要仔细校对，修正错误，并擦去多余作图线，再按各种图线的线宽要求进行描深，一般用 B 或 HB 描深粗实线，圆规用的铅芯应比画直线用的铅笔软一号。描深粗实线时，先描深圆或圆弧，再从图的左上方开始，顺序向下描深所有水平方向的粗实线，仍从图的左上方开始，顺序向右描深所有垂直方向的粗实线。

按上述顺序，用 H 铅笔描深所有细实线。

4. 画箭头、注尺寸、填写标题栏等

最后画箭头、注尺寸、填写标题栏等，绘成的扳手的平面图形如图 1–25 所示。



设计			(材料)		(单位)
校核			质量		
审核			比例		

图 1–25　扳手平面图形

第 2 章 投影的基本知识

【学习目标】

- 了解正投影的方法，掌握三视图的形成及三个视图的投影规律。
- 掌握几何元素点、线、面的投影特性。
- 掌握基本几何体的投影原理及三视图的绘制。
- 了解轴测图的投影原理及正等轴测图的绘制。

【教学目标】

- 知识目标：了解正投影的投影规律，掌握点、线、面的投影特性，掌握三视图的绘制。
- 能力目标：通过理论知识的学习和应用，逐步培养空间思维能力和绘图能力。

【教学重点】

三视图的绘制。

【教学难点】

点、线、面的投影。

【教学方法】

分析法、演示法、练习法。

2.1 投影法的基本知识

2.1.1 投影法的概念

在日常生活中，经常可以看到物体经灯光或阳光的照射，在地面或墙面上产生影子，这就是投影现象。

如图2-1所示，将三角形ABC放在平面H和光源S之间，则自光源S通过三角形顶点A、B、C三点的光线SA、SB、SC延长后分别与平面H交于a、b、c三点。三角形abc称为三角形ABC在投影面H上的投影。光源S称为投射中心，SA、SB、SC称为投射线，平面H称为投影面。

投射线通过物体，向选定的投影面投射，并在该投影面上得到图形的方法称做投影法。

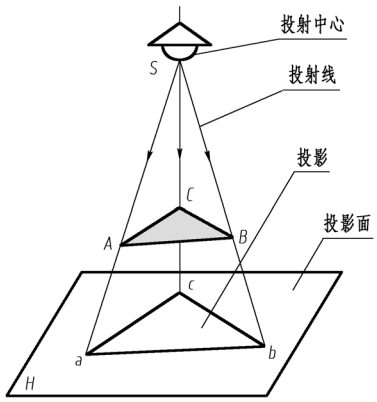


图2-1　投影法（中心投影法）

2.1.2　投影法的分类

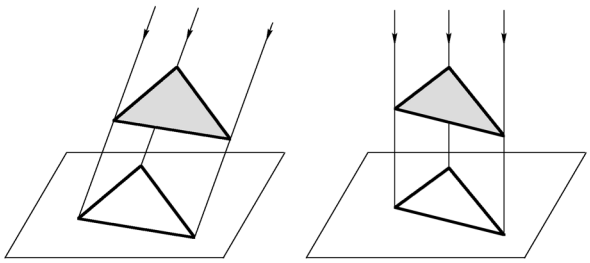
投影法分为中心投影法和平行投影法两类。

1. 中心投影法

投射线汇交于一点的投影法称为中心投影法，如图2-1所示。用中心投影法得到的物体的投影，会随着物体与投射中心及投影面的距离远近而变化，不能反映该物体的真实大小。因此中心投影法不适用于绘制机械图样。

2. 平行投影法

当投射中心S移至无限远处时，则投射线可看成是相互平行的，投射线相互平行的投影法，称为平行投影法，如图2-2所示。



(a) 斜投影法　　(b) 正投影法

图2-2　平行投影法

平行投影法又分为斜投影法和正投影法。

① 斜投影法：投射线与投影面相倾斜的平行投影法，称为斜投影法，如图2-2(a)所示。

② 正投影法：投射线与投影面相垂直的平行投影法，称为正投影法，如图2-2(b)所示。

由于正投影法所得的投影图能如实反映空间物体的真实大小，度量性好，便于作图，所以机械图样一般采用正投影法绘制。

根据正投影法所得到的空间物体的图形称为空间物体的正投影，简称投影。本教材中所指的投影均为正投影。

3. 正投影的基本特性

（1）真实性

当平面图形（或直线）平行于投影面时，其投影反映实形（或实长）。这种投影特性称为真实性，如图2-3（a）所示。

（2）积聚性

当平面图形（或直线）垂直于投影面时，其投影积聚为一条直线（或一个点）。这种投影特性称为积聚性，如图 2-3（b）所示。

（3）类似性

当平面图形（或直线）倾斜于投影面时，其投影的面积变小（或长度变短），但投影的形状仍与原来形状类似。这种投影特性称为类似性，如图 2-3（c）所示。

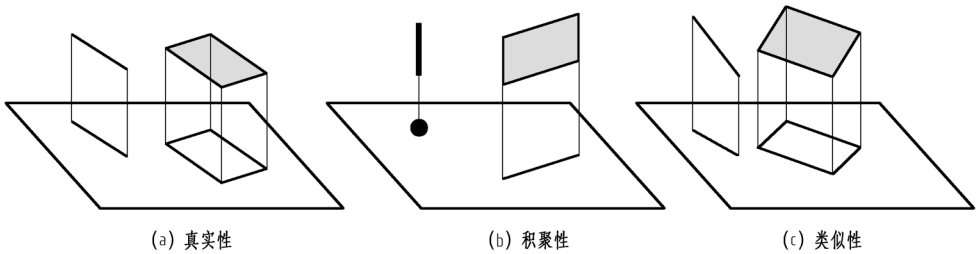


图 2-3　正投影的基本特性

真实性、积聚性和类似性是正投影的三个重要特性，在绘图和读图中经常用到，应牢固掌握。

2.2　三视图

如图 2-4 所示是 4 个形状不同的物体，它们在同一个投影面上的投影完全相同。如果不附加其他说明，仅靠物体的一个投影，是不能确定各物体的形状和大小的，必须再从其他方向作出几个投影面上的投影，几个投影结合起来才能把物体的形状表达清楚。

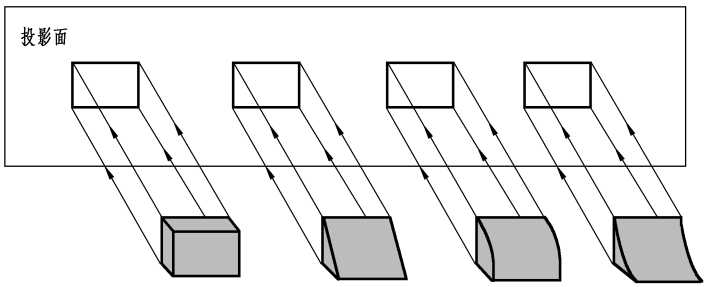


图 2-4　不同形状物体在同一个投影面上的投影

2.2.1　三视图的形成

1. 三面投影体系

由于一般物体都具有长、宽、高三个互相垂直的方向，因此建立三个相互垂直相交的投影面，构成三面投影体系，如图 2-5 所示。

正立投影面简称正面，用 V 表示。

水平投影面简称水平面，用 H 表示。

侧立投影面简称侧立面，用 W 表示。

当物体分别向三个投影面作正投影时，就会得到物体的正面投影（*V* 面投影）、侧面投影（*W* 面投影）和水平面投影（*H* 面投影）。

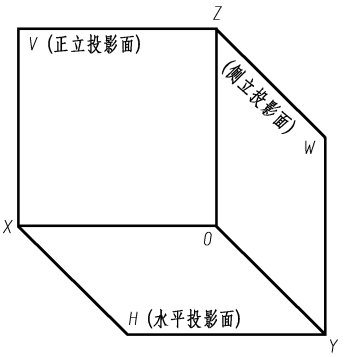


图 2-5　三面投影体系

三个投影面两两相交的交线 *OX*、*OY*、*OZ* 称为投影轴，三个投影轴相互垂直且交于一点 *O*，称为原点。

2. 三视图的形成

在工程上，假设把物体放在观察者与投影面体系之间，如图 2-6（a）所示，将观察者的视线看成是投射线，且互相平行地垂直于各投影面进行观察，就可获得物体的三面投影图形，按机械制图国家标准规定，物体向投影面投射所得到的投影图形，称为视图。在三面投影体系中可获得物体的三个视图。

- 主视图：从前向后投射，在 *V* 面上所得的视图。
- 俯视图：从上向下投射，在 *H* 面上所得的视图。
- 左视图：从左向右投射，在 *W* 面上所得的视图。

为使三个视图能画在同一张图纸上，需将三个互相垂直的投影面展开成一个平面。展开规定如图 2-6（b）所示：*V* 面保持不动，*H* 面绕 *OX* 轴向下旋转 90°，*W* 面绕 *OZ* 轴向右旋转 90°，使 *H*、*W* 面与 *V* 面处在同一个平面上，这样，主视图、俯视图和左视图处在同一个平面上，如图 2-6（c）所示。当投影面展开时，*OY* 轴被分为两处，在 *H* 面上的 *OY* 轴用 OY_H 表示，在 *W* 面上的 *OY* 轴用 OY_W 表示。

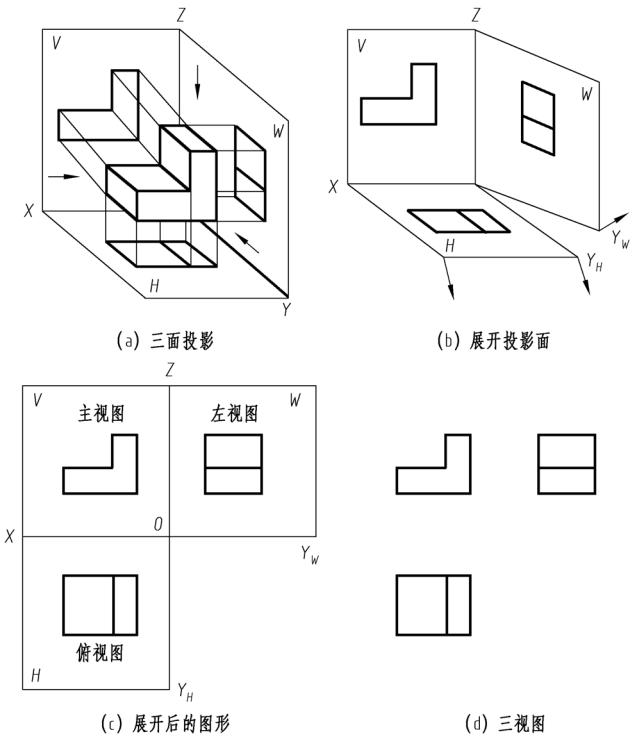


图 2-6　三视图的形成

为简化作图，在画三视图时，不必画出投影面的边框线和投影轴，因为它们与所画视图的形状及大小无关，如图 2-6（d）所示。

2.2.2　三视图之间的关系

1. 三视图的位置关系

由投影面的展开过程可以看出，三视图之间的位置关系为以主视图为准，俯视图在主视图的正下方，左视图在主视图的正右方，如图 2-6 所示。

画三视图时必须以主视图为准，按上述关系排列三个视图的位置，这个位置关系是不能变的。三个视图按位置关系配置时，一律不注视图名称。

2. 三视图的投影关系

从三视图的形成过程中可以看出，主视图和俯视图都反映了物体的长度，主视图和左视图都反映了物体的高度，俯视图和左视图都反映了物体的宽度，如图 2-7 所示。由此可以归纳出主、俯、左三个视图之间的投影关系如下：

- 主视图和俯视图中相应投影的长度相等，并且对正。
- 主视图和左视图中相应投影的高度相等，并且平齐。
- 俯视图和左视图中相应投影的宽度相等，并且前后对应。

三视图之间的这种投影关系，通常简称为“长对正、高平齐、宽相等”的三等关系。这种关系无论是对整个物体还是对物体的局部均适用。

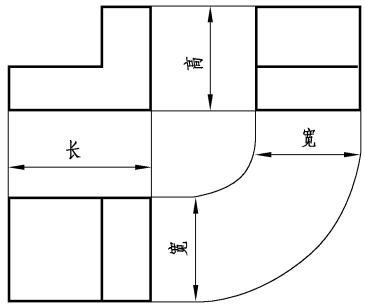


图 2-7　三视图的投影关系

3. 三视图的方位关系

三视图不仅反映了物体的长、宽、高，同时也反映了物体的上、下、左、右、前、后 6 个方位的位置关系，如图 2-8 所示。

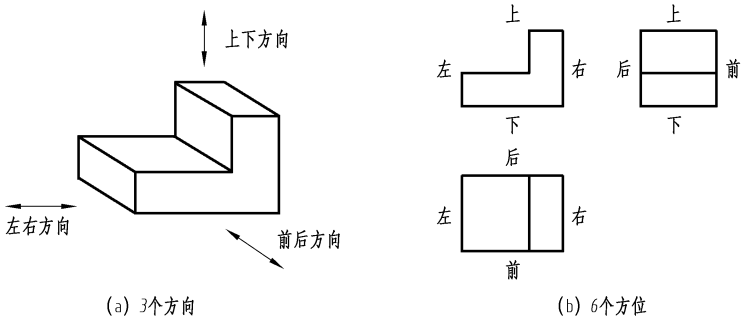


图 2-8　三视图的方位关系

- 主视图反映了物体的上、下和左、右位置关系。
- 俯视图反映了物体的前、后和左、右位置关系。

● 左视图反映了物体的上、下和前、后位置关系。

在看图和画图时必须注意，以主视图为准，俯、左视图远离主视图的一面表示物体的前面，靠近主视图的一面表示物体的后面。

*2.3 点的投影

2.3.1 点的三面投影及其投影规律

1. 点的三面投影

点的投影永远是点。

将空间 A 点置于三面投影体系之中，过 A 点分别向三个投影面作垂线，交得三个垂足 a、a'、a''、即为 A 点的三面投影，如图 2-9（a）所示。

空间点用大写字母 A，B，C…表示，投影用相应的小写字母 a，b，c…表示，空间点在 H 面上的投影用其相应的小写字母 a，b，c…表示，在 V 面上的投影用字母 a'，b'，c'…表示，在 W 面上的投影用字母 a''，b''，c''…表示。

设想移去空间 A 点和投射线，将投影面展开，并去掉投影面的边框线，便得到如图 2-9（b）所示 A 点的三面投影图。

为了便于进行投影分析，用细实线将点的两投影 a 和 a'、a' 和 a'' 连起来。aa' 和 $a'a''$ 称为投影连线。a 和 a'' 不能直接连接，因为在三个投影面展开时，Y 轴被分开了，Y_H 和 Y_W 均表示同一根 Y 轴，因而作图时常以 O 为圆心，以 Y 轴坐标为半径画圆弧把它们联系起来，如图 2-9（c）所示。或者用过 O 点与水平轴成 45°的辅助线把它们联系起来，如图 2-9（d）所示。

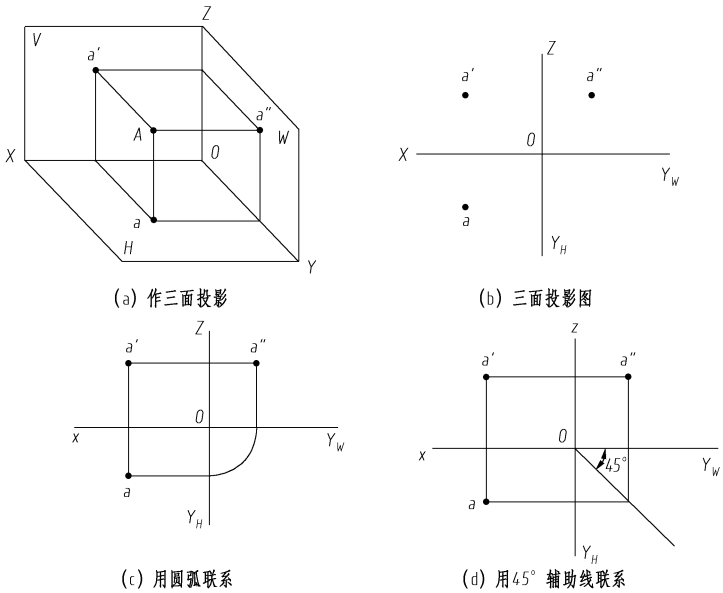


图 2-9　点的三面投影

2. 点的投影规律

从图 2-10 可以看出，由于 Aa 垂直于 H 面，Aa'垂直于 V 面，所以投影线 Aa 和 Aa'所决定的平面 Aaa_Xa'同时垂直于 H 面与 V 面，也必定垂直于 OX 轴，a_X 就是 OX 轴与平面 Aaa_Xa'的交点，aa_X 和 $a'a_X$ 都过 a_X，在投影面展开后，$a'a_X$ 和 aa_X 必垂直于 OX 轴，即 $a'a$ 垂直于 OX 轴。同理，$a'a''$垂直于 OZ 轴，$aa_X = a''a_Z$。

因此，点在三面投影体系中的投影规律如下：

① 点的正面投影和水平投影的连线垂直于 OX 轴，即 $a'a$ 垂直于 OX 轴。

② 点的正面投影和侧面投影的连线垂直于 OZ 轴，即 $a'a''$垂直于 OZ 轴。

③ 点的水平投影到 OX 轴的距离和点的侧面投影到 OZ 轴的距离都等于该点到 V 面的距离，即 $aa_X = a''a_Z$。

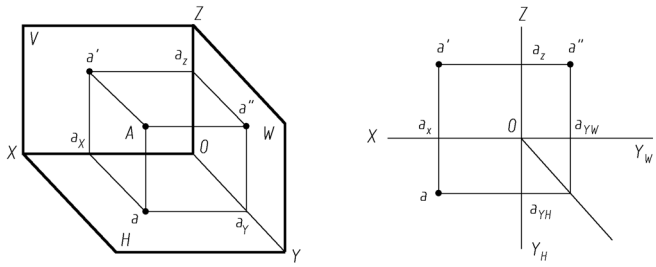


图 2-10　点的投影规律

2.3.2　点的投影和空间直角坐标的关系

空间点的位置可由直角坐标值确定，如图 2-11 所示。如果将三个投影面作为三个坐标面，投影轴作为坐标轴，从图 2-11 中可以看出点的投影和点的坐标值具有一一对应关系。

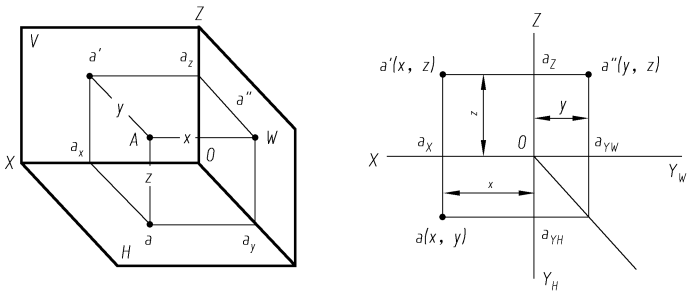


图 2-11　点的投影和点的坐标关系

A 点到 W 面的距离为 $Aa'' = a'a_Z = aa_Y = Oa_X = x$。

A 点到 V 面的距离为 $Aa' = aa_X = a''a_Z = Oa_Y = y$。

A 点到 H 面的距离为 $Aa = a'a_X = a''a_Y = Oa_Z = z$。

由此可见，A 点的正面投影 a'由 X、Z 轴坐标确定，水平面投影 a 由 X、Y 轴坐标确定，侧面投影 a''由 Y、Z 轴坐标确定，并且点的任何两个投影都反映了点的三个坐标值。因此，若已知点的坐标 x、y、z，便可作出该点的投影图；反之画出了点的投影图，也就唯一地确定了该点的坐标值。

例 2-1 已知空间点 B 的坐标为 $x=15$，$y=20$，$z=25$，也可写成 B（15，20，25）。求作 B 点的三面投影。

作图步骤如图 2-12 所示。

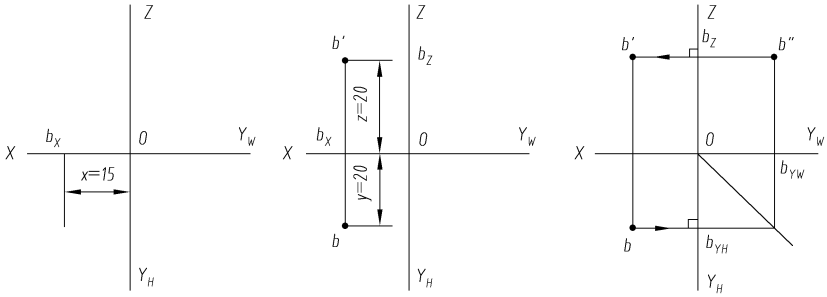


图 2-12 由点的坐标作三面投影

① 在 OX 轴上从 O 点向左量取 15mm，得 b_X。

② 过 b_X 作 OX 轴的垂线，在此垂线上从 b_X 向下量取 20mm 得水平面投影 b，向上量取 25mm 得正面投影 b'。

③ 过 b 点作 OX 轴的平行线，与 45°辅助线相交，过此点作 OZ 轴的平行线，该线与过 b' 点所作的 OX 轴的平行线相交，其交点即为侧面投影 b''。

*2.4 直线的投影

2.4.1 直线的投影

直线的投影一般情况下仍为直线，当直线垂直投影面时，其投影积聚为点。

根据“两点决定一直线”的几何定理，在绘制直线的投影时，只要作出直线上两点的投影，再将两点的同面投影连接起来，即可得直线的三面投影。

如图 2-13 所示，求作直线 AB 的三面投影。首先作出直线上 A、B 两点的三面投影 a、a'、a''及 b、b'、b''，然后连接 a、b 即可得到 AB 的水平投影 ab，同理可得到 $a'b'$、$a''b''$。

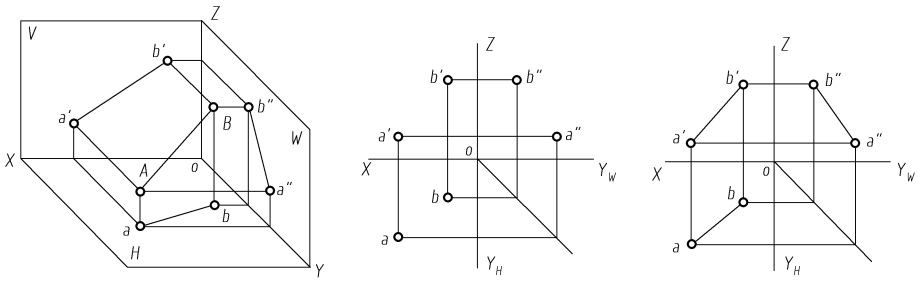


图 2-13 直线的三面投影

2.4.2　各种位置直线的投影特性

按照直线与投影面的相对位置，直线可分为投影面平行线、投影面垂直线和一般位置直线。前两种称为特殊位置直线。

1. 投影面平行线

平行于一个投影面，且倾斜于另外两个投影面的直线称为投影面平行线。

投影面平行线可分以下三种：

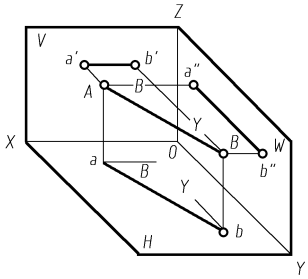
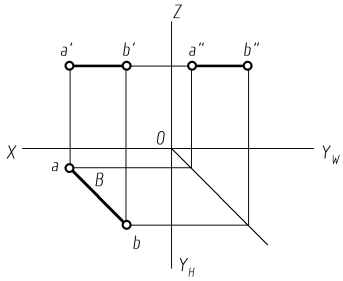
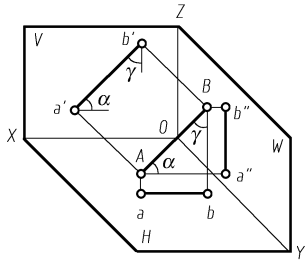
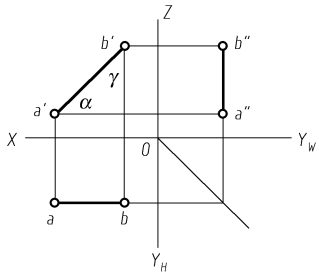
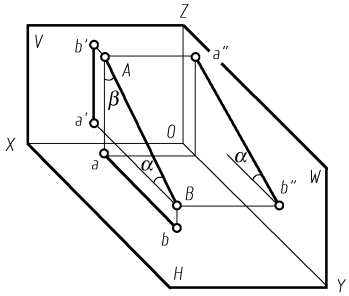
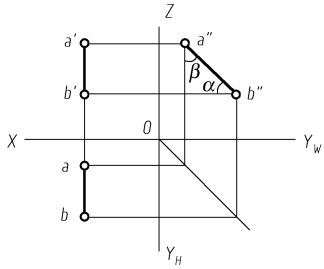
① 平行于 H 面，且倾斜于 V、W 面的直线称为水平线。

② 平行于 V 面，且倾斜于 H、W 面的直线称为正平线。

③ 平行于 W 面，且倾斜于 H、V 面的直线称为侧平线。

投影面平行线的投影特性见表 2-1。

表 2-1　投影面平行线的投影特性

	立　体　图	投　影　图
水平线		
正平线		
侧平线		
投影特性	在与线段平行的投影面上，该线段的投影为倾斜的线段，反映实长。其余两个投影分别平行于相应的投影轴，且都小于实长	

2. 投影面垂直线

垂直一个投影面（平行于另外两个投影面）的直线，称为投影面垂直线。

投影面垂直线可分以下三种：

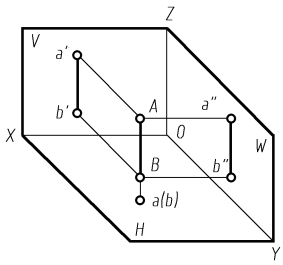
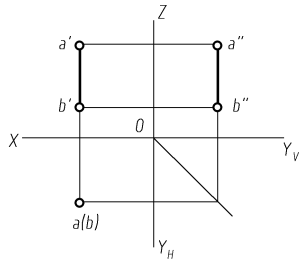
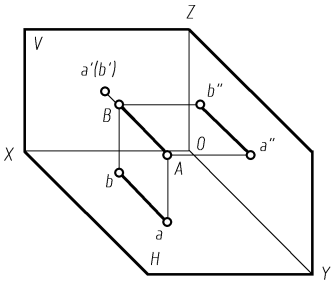
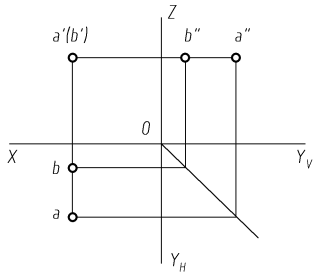
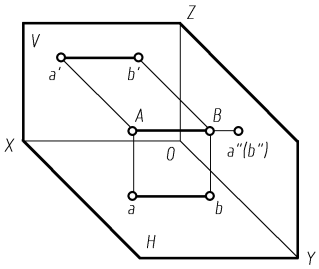
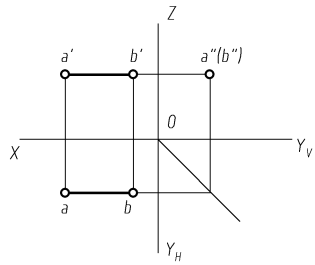
① 垂直于 H 面，且平行于 V、W 面的直线称为铅垂线。

② 垂直于 V 面，且平行于 H、W 面的直线称为正垂线。

③ 垂直于 W 面，且平行于 H、V 面的直线称为侧垂线。

投影面垂直线的投影特性见表 2–2。

表 2–2　投影面垂直线的投影特性

	立　体　图	投　影　图
铅垂线		
正垂线		
侧垂线		
投影特性	在与线段垂直的投影面上，该线段的投影积聚成一点。其余两个投影垂直于相应的投影轴，且反映该线段的实长	

3. 一般位置直线

与三个投影面都倾斜的直线，称为一般位置直线，如图 2–14 所示。

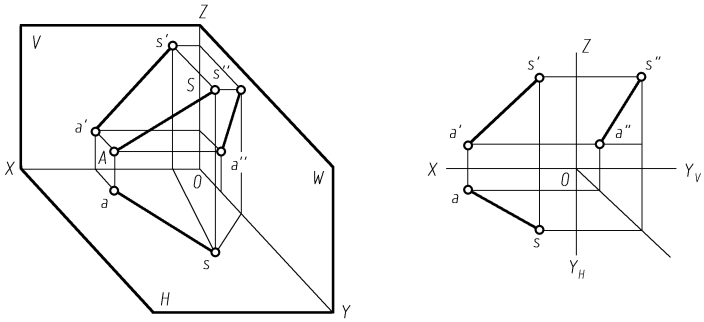


图 2-14　一般位置直线

一般位置直线的三个投影都是倾斜线段，且都小于该直线段的实长。

*2.5　平面的投影

2.5.1　平面的投影

在投影图上，平面通常用三角形、四边形、圆等平面图形表示。平面的投影一般仍然是平面，当平面垂直投影面时，其投影积聚为一条直线。

求作多边形平面的投影，可先求出它的各直线端点的投影，然后连接各直线端点的同面投影即可得到多边形平面的三面投影，如图 2-15 所示。

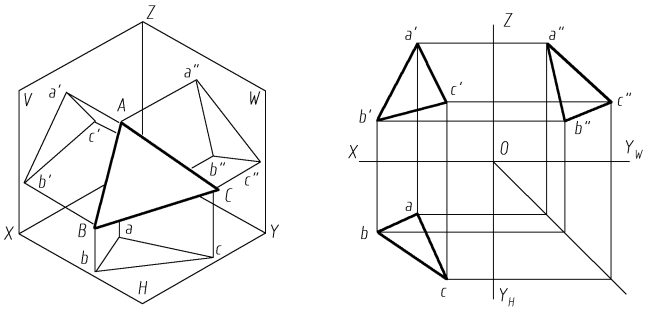


图 2-15　平面的三面投影

2.5.2　各种位置平面的投影特性

根据空间平面相对于投影面的位置，平面可分为投影面平行面、投影面垂直面和一般位置平面。前两种称为特殊位置平面。

1. 投影面垂直面

垂直于一个投影面且必须倾斜于另外两个投影面的平面，称为投影面垂直面。

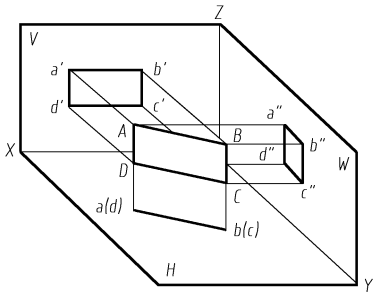
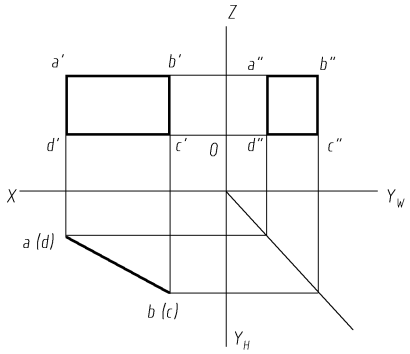
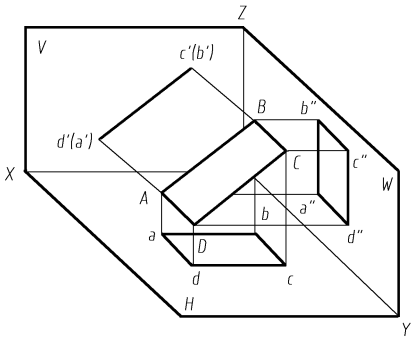
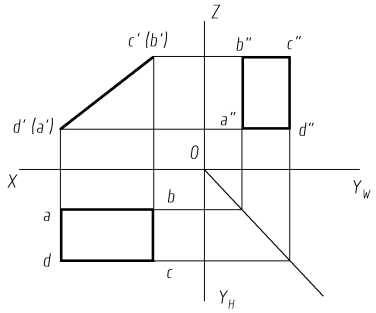
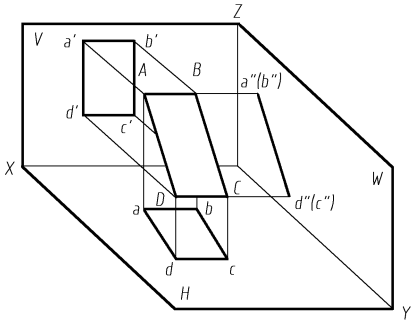
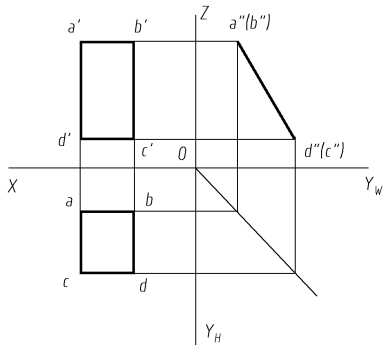
① 垂直于 H 面且倾斜于 V、W 面的平面，称为铅垂面。

② 垂直于 V 面且倾斜于 H、W 面的平面，称为正垂面。

③ 垂直于 W 面且倾斜于 H、V 面的平面，称为侧垂面。

投影面垂直面的投影特性见表 2-3。

表 2-3　投影面垂直面的投影特性

	立　体　图	投　影　图
铅垂面		
正垂面		
侧垂面		
投影特性	在所垂直的投影面上，其投影积聚成一条倾斜直线，其余两个投影均为小于实形的类似形	

2. 投影面平行面

在三投影面体系中，平行于一个投影面（则必然垂直于另外两个投影面）的平面，称为投影面平行面。

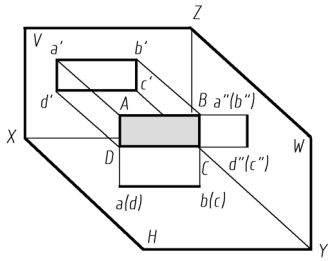
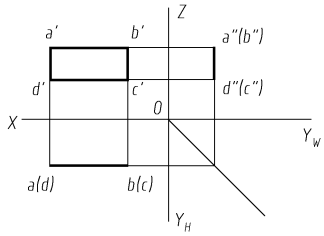
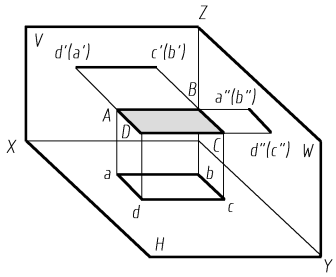
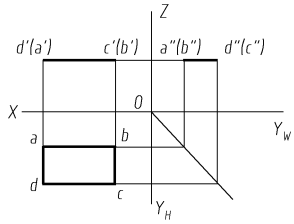
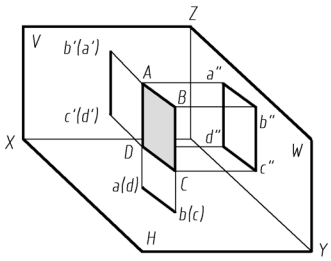
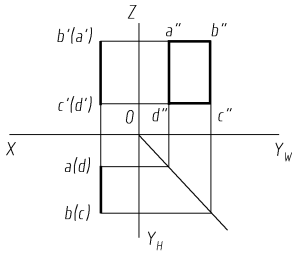
① 平行于 V 面（则必然垂直于 H、W 面）的平面，称为正平面。

② 平行于 H 面（则必然垂直于 V、W 面）的平面，称为水平面。

③ 平行于 W 面（则必然垂直于 H、V 面）的平面，称为侧平面。

投影面平行面的投影特性见表 2-4。

表 2-4　投影面平行面的投影特性

	立　体　图	投　影　图
正平面		
水平面		
侧平面		
投影特性	在所平行的投影面上的投影反映实形，其余两个投影积聚为平行于相应投影轴的直线	

3. 一般位置平面

在三投影面体系中，与三个投影面均倾斜的平面，称为一般位置平面，如图 2-16 所示。

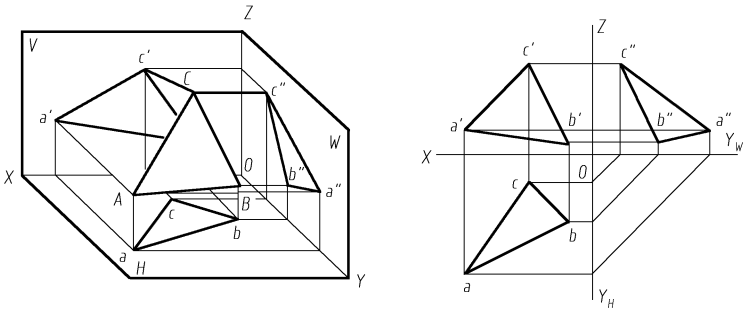


图 2-16　一般位置平面

一般位置平面的三个投影均为小于实形的类似形，均不反映实形。

2.6 几何体的投影

一般机件的形状，都可以看成由棱柱、棱锥、圆柱、圆锥、球等几何体按照一定方式组合而成。几何体按表面的性质分为平面立体和曲面立体两类，常见的几何体如图 2-17 所示。

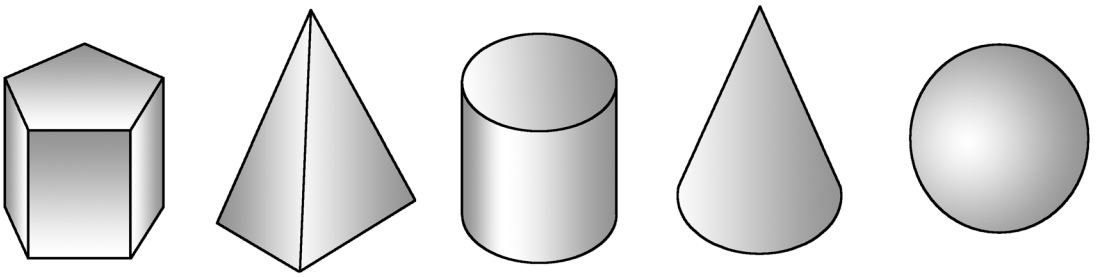


图 2-17　常见的几何体

2.6.1 平面立体

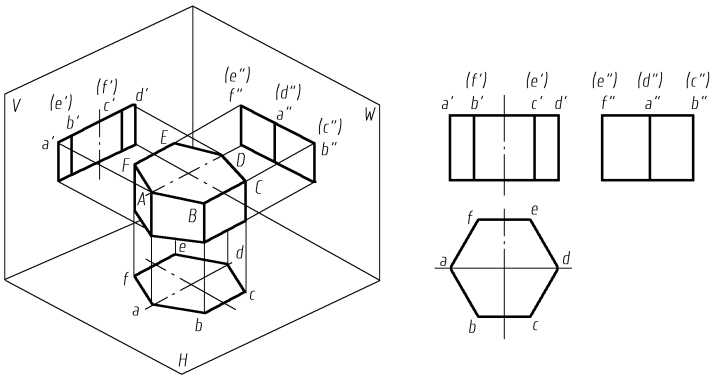
表面都是由平面围成的立体，称为平面立体，如棱柱、棱锥等。

1. 棱柱

如图 2-18（a）所示的正六棱柱，它是由上、下底面两个全等且平行的正六边形，以及侧面 6 个全等的矩形所围成的。

（1）棱柱的视图分析

为作图方便，将正六棱柱置于上、下底面平行于 H 面，前、后两个侧面平行于 V 面的位置，这时，左、右 4 个侧面与 H 面垂直，6 条侧棱互相平行且与 H 面垂直。



(a) 正六棱柱　　(b) 三视图

图 2-18　正六棱柱的投影

正六棱柱的俯视图是正六边形，它是上、下端面的重合投影，反映实形。正六边形的 6 条边和 6 个顶点分别是 6 个侧面和 6 条棱线在水平面上的积聚性投影。

正六棱柱主视图是三个相连的矩形线框。中间的矩形线框是前、后两侧面的重合投影，反映实形；左、右两个矩形框是其余 4 个侧面的重合投影，为类似形；正六棱柱的上、下端面为水平面，其正面投影积聚为两条平行直线。

正六棱柱左视图是两个大小相等的矩形线框，它是左、右 4 个侧面的重合投影，为类似形。由于前、后两侧面为正平面，其侧面投影积聚成两条铅垂线，上、下端面的侧面投影积聚成两条平行直线。

如图 2-18（b）所示为正六棱柱的三视图。

（2）棱柱三视图的作图步骤

① 布置图面，先画出三个视图的基准线，然后画出俯视图，即反映上、下端面实形的正六边形，如图 2-19（a）所示。

② 根据“长对正”的投影关系和正六棱柱的高画主视图，如图 2-19（b）所示。

③ 根据“高平齐”、“宽相等”的投影关系画左视图，如图 2-19（c）所示。

④ 检查并描深图线，完成作图，如图 2-19（d）所示。

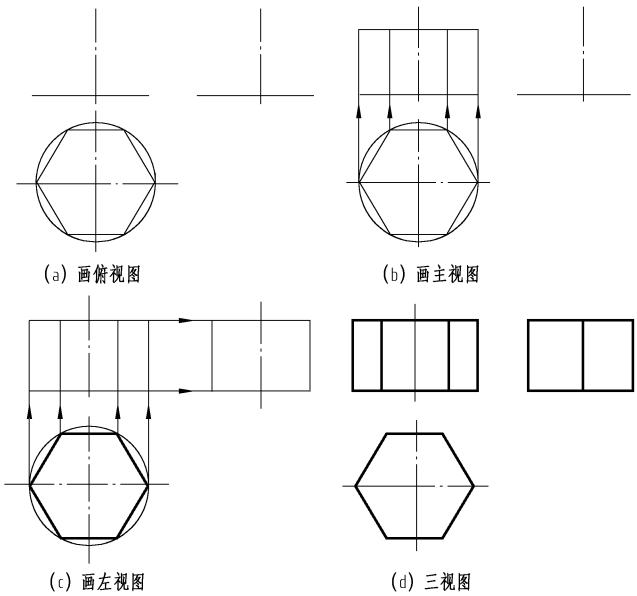


图 2-19　正六棱柱三视图的作图步骤

2. 棱锥

如图 2-20（a）所示的棱锥为正三棱锥。该三棱锥的底面为等边三角形，三个侧面为全等的等腰三角形，三条侧棱相交于锥顶 S。

（1）棱锥的视图分析

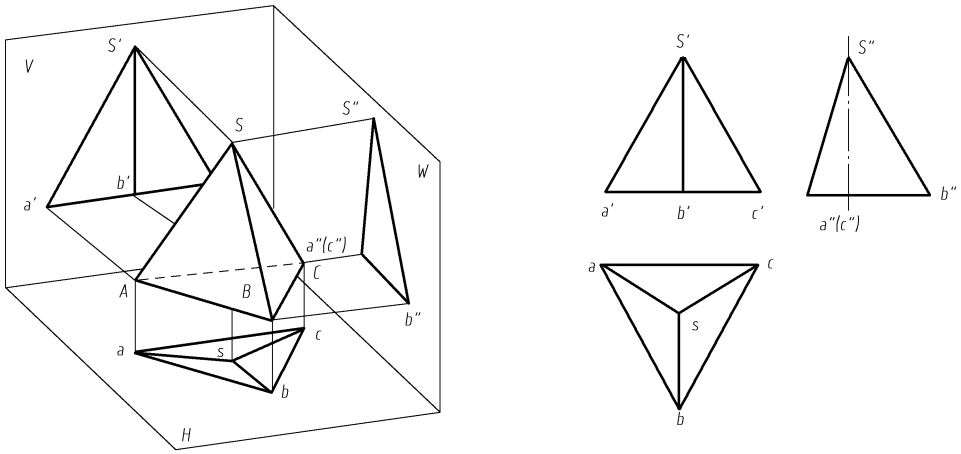
为作图方便，将正三棱锥置于底面平行于 H 面，侧面 SAC 垂直于 W 面的位置，这时两个侧面 SAB 和 SBC 均与三个投影面倾斜。

正三棱锥的俯视图是三个等腰三角形组合而成的一个等边三角形，它是棱锥底面 *ABC* 与三个侧面 *SAB*、*SBC* 和 *SCA* 的重影。底面与水平投影面平行，其水平投影反映实形，三个侧面的水平投影均为类似形。

正三棱锥的主视图是两个直角三角形组合而成的一个等腰三角形，它是棱锥左、右两个前侧面 *SAB* 和 *SBC* 与后侧面 *SAC* 的重影，为类似形。等腰三角形的底边为棱锥底面 *ABC* 的积聚性投影。

正三棱锥的左视图是一个三角形，其中直线 *a″b″*是棱锥底面 *ABC* 的积聚性投影，直线 *s″a″*（*c″*）是侧面 *SAC* 的积聚性投影，侧棱 *SA* 为侧平线，其侧面投影 *s″a″*反映实长。

如图 2-20（b）所示为正三棱锥的三视图。



(a) 正三棱锥　　(b) 三视图

图 2-20　正三棱锥的投影

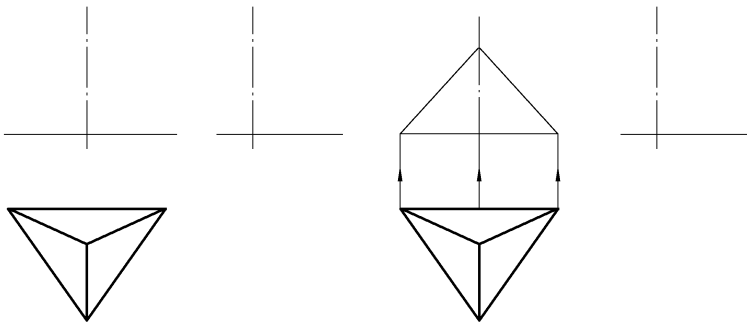
（2）棱锥三视图的作图步骤

① 布置图面，先画出三个视图的基准线，然后画出俯视图，即反映底面实形的三角形，如图 2-21（a）所示。

② 根据“长对正”的投影关系和正三棱锥的高画主视图，如图 2-21（b）所示。

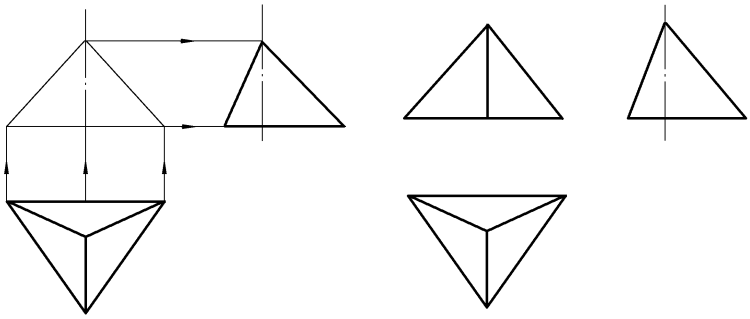
③ 根据“高平齐”、“宽相等”的投影关系画左视图，如图 2-21（c）所示。

④ 检查并描深图线，完成作图，如图 2-21（d）所示。



(a) 画俯视图　　(b) 画主视图

图 2-21　正三棱锥三视图的作图步骤



(c) 画左视图　　(d) 三视图

图 2-21　正三棱锥三视图的作图步骤（续）

3. 平面立体的尺寸标注

平面立体一般应注出其底面尺寸和高度尺寸，如图 2-22 所示。

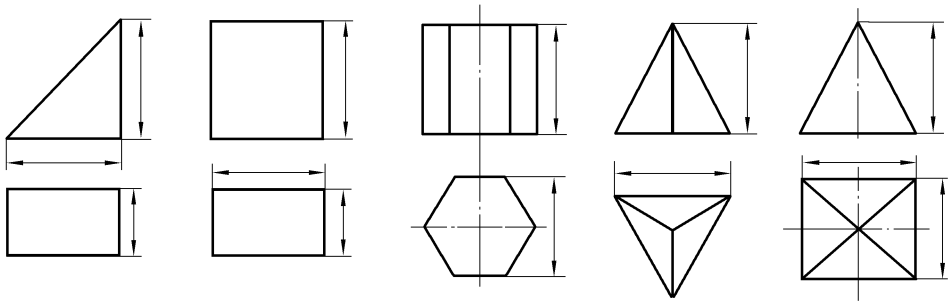


图 2-22　平面立体的尺寸标注

2.6.2　回转体

表面都是由曲面或曲面和平面围成的几何体，称为曲面立体。

机件中常见的曲面立体是回转体。由一条母线（直线或曲线）围绕一轴线回转一周而形成的表面称为回转面，由回转面或回转面与平面围成的立体称为回转体。常见的回转体有圆柱、圆锥、圆球等。

1. 圆柱

（1）圆柱的形成

如图 2-23 所示，圆柱是由圆柱面和上、下底面所组成的。圆柱面是由一直母线 AA_1 绕着与它平行的轴线 OO' 回转而形成的曲面，圆柱面上任一位置的母线称为素线。

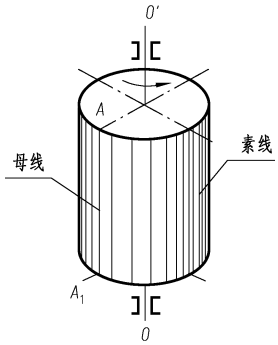


图 2-23　圆柱的形成

（2）圆柱的视图分析

如图 2-24（a）所示，将圆柱置于上、下端面平行于 H 面，轴线垂直于 H 面的位置。

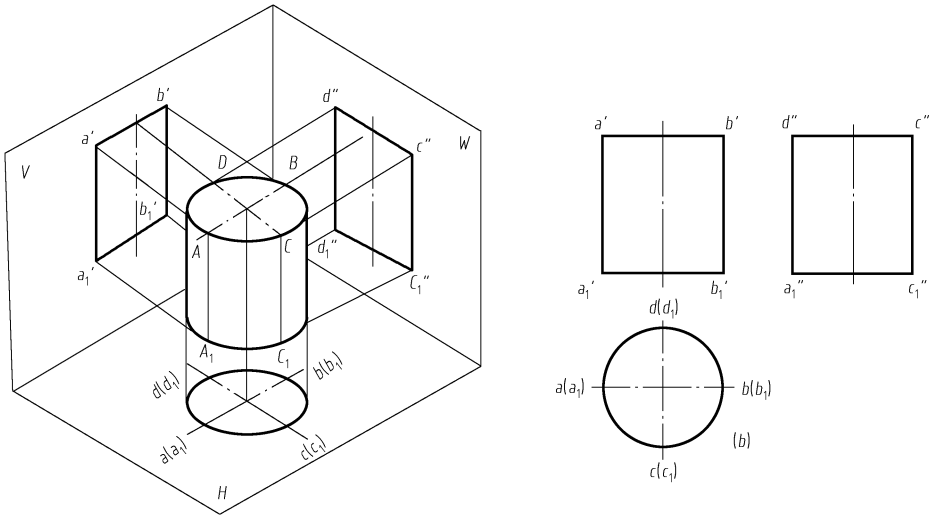
圆柱的俯视图是一个圆，它是上、下端面的重合投影，并且

反映实形。而圆周又是圆柱面的积聚性投影，圆柱面上任何点或线的投影都积聚在该圆周上。

圆柱的主视图是一个矩形线框，其上、下两边是圆柱上、下端面的积聚性投影。其左右两边 $a'a_1'$ 和 $b'b_1'$ 是圆柱面上最左与最右两条素线 AA_1 和 BB_1 的投影。

圆柱的左视图也是一个矩形线框，其上、下两边仍是圆柱上、下端面的积聚性投影，其余两边 $c''c_1''$ 和 $d''d_1''$，是圆柱面上最前与最后两条轮廓素线 CC_1 和 DD_1 的投影。

如图 2-24（b）所示为圆柱的三视图。



(a) 圆柱　　(b) 三视图

图 2-24　圆柱的投影

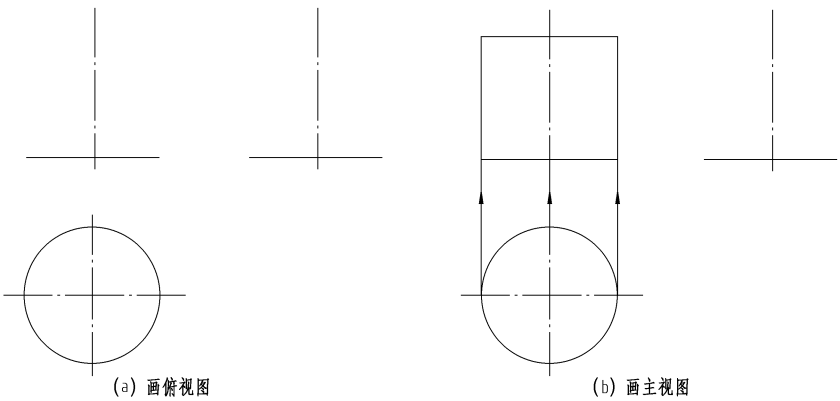
（3）圆柱三视图的作图步骤

① 布置图面，先画出三个视图的基准线，然后画出俯视图，即反映底面实形的圆，如图 2-25（a）所示。

② 根据“长对正”的投影关系和圆柱的高画主视图，如图 2-25（b）所示。

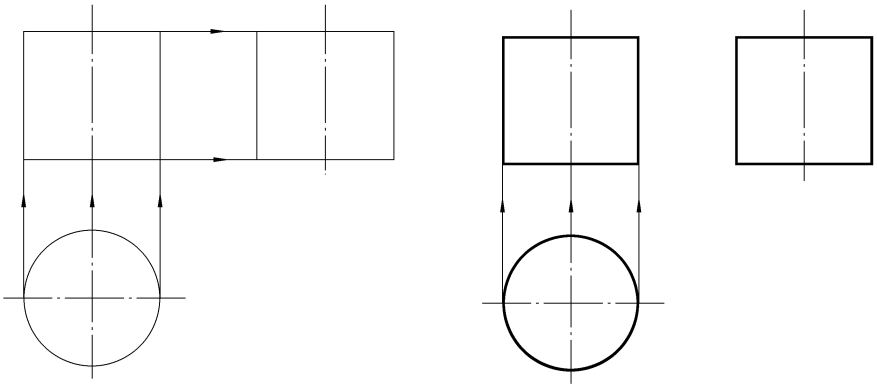
③ 根据“高平齐”、“宽相等”的投影关系画左视图，如图 2-25（c）所示。

④ 检查并描深图线，完成作图，如图 2-25（d）所示。



(a) 画俯视图　　(b) 画主视图

图 2-25　圆柱三视图的作图步骤



(c) 画左视图　　(d) 三视图

图 2-25　圆柱三视图的作图步骤（续）

2. 圆锥

（1）圆锥的形成

如图 2-26 所示，圆锥是由圆锥面和与其轴线垂直的底面所组成的。

圆锥面是由一条母线 SA 绕着与它相交的轴线 OO' 旋转而形成的曲面，圆锥面上任一位置的母线称为素线。

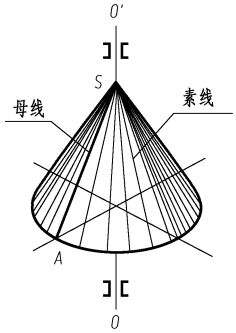
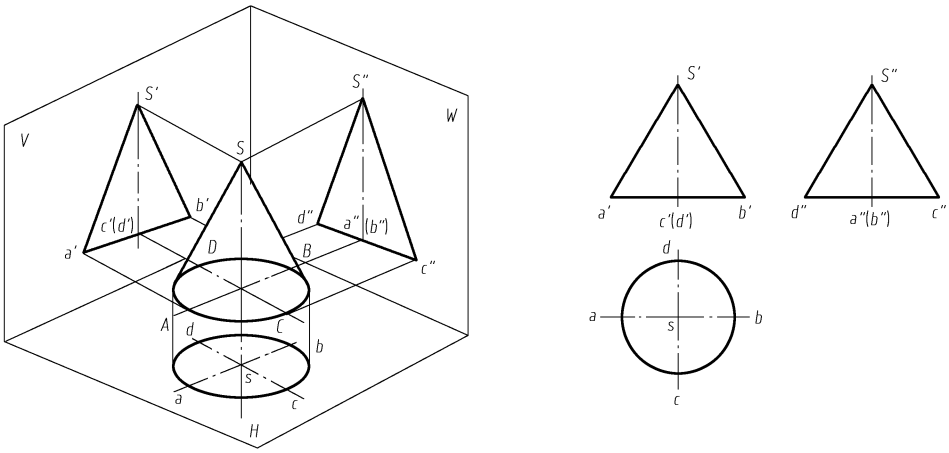


图 2-26　圆锥的形成

（2）圆锥的视图分析

如图 2-27（a）所示，将圆锥置于下端面平行于 H 面，轴线垂直于 H 面的位置。



(a) 圆锥　　(b) 三视图

图 2-27　圆锥的投影

圆锥的俯视图是一个圆，它表示圆锥面的投影，而且是可见的，同时也是圆锥底面的投影且反映底面的实形。

圆锥的主视图是一个等腰三角形，底边是圆锥底面的积聚性投影，其两腰 $s'a'$ 和 $s'b'$ 是圆锥面上最左、最右两条素线 SA 和 SB 的投影。

圆锥的左视图也是一个等腰三角形，其底边仍是圆锥底面的积聚性投影，两腰 $s''c''$ 和 $s''d''$ 是圆锥面上最前、最后两条素线 SC 和 SD 的投影。

如图 2-27（b）所示为圆锥的三视图。

（3）圆锥三视图的作图步骤

① 布置图面，先画出三个视图的基准线，然后画出俯视图，即反映底面实形的圆，如图 2-28（a）所示。

② 根据“长对正”的投影关系和圆锥的高画主视图，如图 2-28（b）所示。

③ 根据“高平齐”、“宽相等”的投影关系画左视图，如图 2-28（c）所示。

④ 检查并描深图线，完成作图，如图 2-28（d）所示。

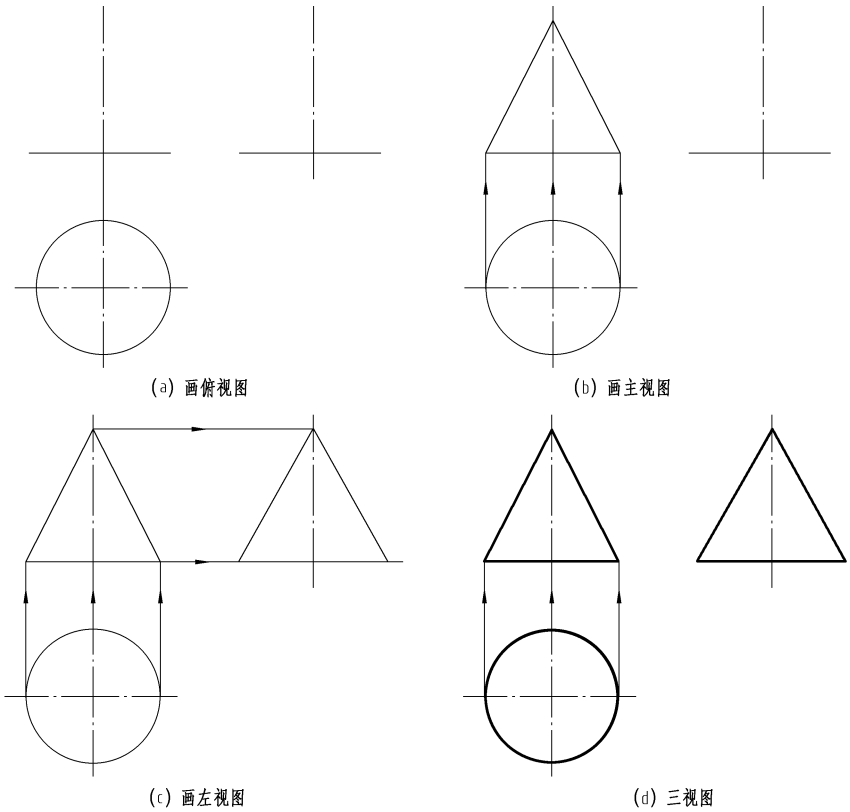


图 2-28　圆锥三视图的作图步骤

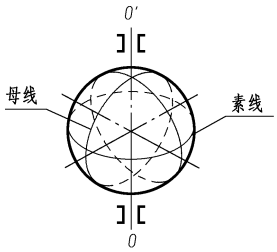


图 2-29　圆球的形成

3. 圆球

（1）圆球的形成

如图 2-29 所示，圆球由球面组成。

圆球面是以一个圆作为母线，以其直径所在直线 OO' 为轴线回转而成的。

（2）圆球的视图分析

如图 2-30（a）所示，将圆球置于轴线垂直于 H 面的位置。

圆球水平面投影是球面上与 H 面平行的最大圆 A 的投影 a，也就是水平面投影中可见的上半球和不可见的下半球的分界圆。

圆球正面投影是球面上与 V 面平行的最大圆 B 的投影 b'，也就是正面投影中可见的前半球和不可见的后半球的分界圆。

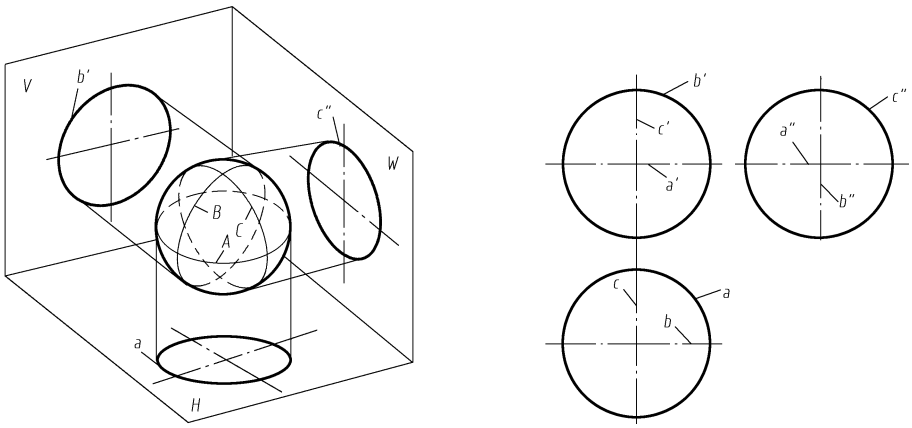
圆球侧面投影是球面上与 W 面平行的最大圆 C 的投影 c''，也就是侧面投影中可见的左半球和不可见的右半球的分界圆。

如图 2-30（b）所示为球的三视图。

（3）圆球三视图的作图步骤

① 画出各视图的圆中心线。

② 画出三个与圆球直径相等的圆，如图 2-30（b）所示。



(a) 圆球　　(b) 三视图

图 2-30　球的投影

4. 回转体的尺寸标注

标注回转体尺寸时，一般应注出其直径（径向）尺寸和轴向尺寸，如图 2-31 所示。圆柱、圆锥、圆台在直径数字前加注符号“ϕ”，而圆球在直径数字前加注符号“$S\phi$”。

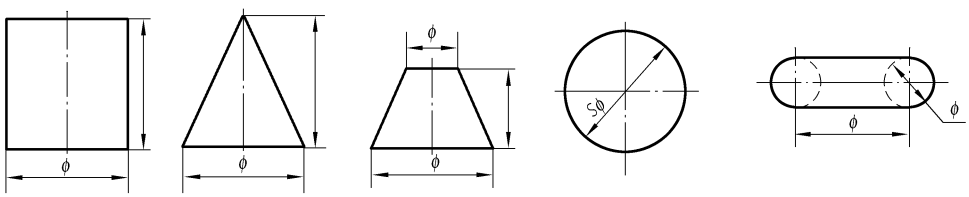


图 2-31　回转体的尺寸标注

2.7　轴测图简介

正投影图能够完整、确切地表达出物体的结构和形状，它作图方便，但是缺乏立体感。轴测图是一种富有立体感的图形，用轴测图表达物体的结构和形状比正投影图直观，但由于

不能确切地表达出物体的原来形状，且作图较为复杂，所以在工程上一般仅作为辅助图样使用。

2.7.1 轴测投影的基本知识

（1）轴测图的形成

将物体连同确定其空间位置的直角坐标体系，沿不平行于任何一坐标平面的方向，用平行投影法将其投射到单一的投影面（P 面）上所得到的具有立体感的图形，称为轴测投影图，简称轴测图，如图 2-32 所示。

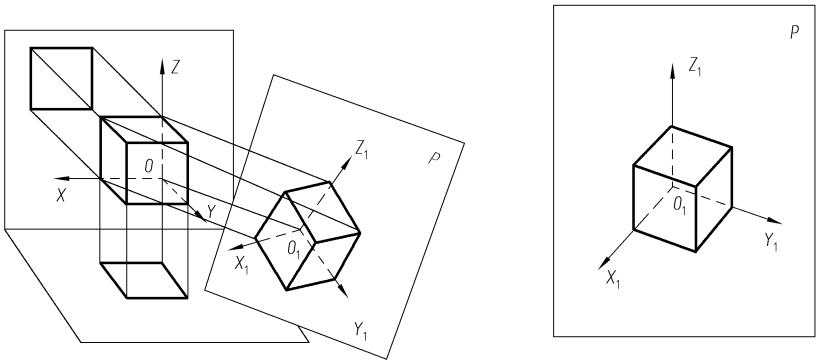


图 2-32　轴测图的形成

（2）轴测投影基本概念

① 轴测投影面：获得轴测图的投影面，如图 2-32 所示。

② 轴测轴：OX、OY、OZ 在轴测投影面上的投影 O_1X_1、O_1Y_1、O_1Z_1，简称轴测轴，如图 2-32 所示。

③ 轴间角：任意两个轴测轴间的夹角，如$\angle X_1O_1Y_1$、$\angle X_1O_1Z_1$ 和$\angle Z_1O_1Y_1$。

④ 轴向伸缩系数：轴测轴上的单位长度与相应坐标轴上的单位长度之比，分别用 p、q、r 表示，即 $p = O_1X_1/OX$，$q = O_1Y_1/OY$，$r = O_1Z_1/OZ$。

（3）轴测图的投影特性

物体上相互平行的线段在轴测图中也相互平行。物体上与坐标轴平行的线段，在轴测图中仍然与相应的轴测轴平行。

2.7.2 轴测图的画法

1. 轴测图的分类

按投影方向与轴测投影面相对位置的不同，轴测图可分为两类。

① 正轴测图：投射方向与轴测投影面垂直所得的轴测图。

② 斜轴测图：投射方向与轴测投影面倾斜所得的轴测图。

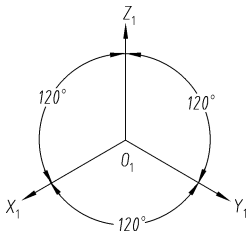
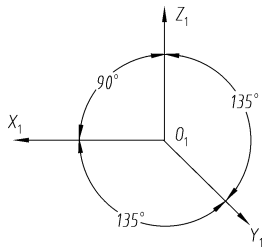
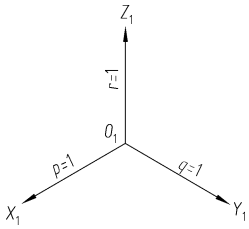
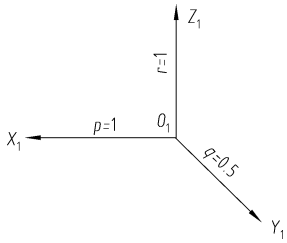
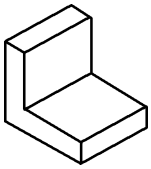
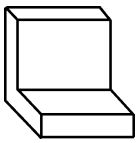
根据三个轴向伸缩系数是否相等，正轴测图分为正等轴测图、正二等轴测图、正三等轴测图，斜轴测图也相应分为斜等轴测图、斜二等轴测图和斜三等轴测图。

工程上常用的是正等轴测图和斜二等轴测图。

2. 正等轴测图和斜二等轴测图的特点

正等轴测图和斜二等轴测图是常用的轴测图，它们的特点见表 2-5。

表 2-5　正等轴测图和斜二等轴测图的特点

	正等轴测图	斜二等轴测图
形成	物体上三个坐标轴与轴测投影面的倾角都相等时，用正投影法向轴测投影面投射所得到的投影	物体上 OX、OZ 两个坐标轴与轴测投影面平行，OY 轴与轴测投影面不平行，用斜投影法向轴测投影面投射所得到的投影
简称	正等测	斜二测
特性	投射线与轴测投影面垂直	投射线与轴测投影面倾斜
轴间角	$\angle X_1O_1Y_1=\angle X_1O_1Z_1=\angle Z_1O_1Y_1=120°$  	$\angle X_1O_1Y_1=\angle Y_1O_1Z_1=135°$，$\angle X_1O_1Z_1=90$ 
轴向伸缩系数	$p=q=r=0.82$ 实际画图时采用简化轴向伸缩系数：$p=q=r=1$  	$p=r=1$ $q=0.5$ 
例图		

3. 正等轴测图画法

画正等测图时，先在物体视图中确定坐标原点和坐标轴，根据轴间角画出轴测轴，采用简化轴向伸缩系数 $p=q=r=1$，即沿 X_1、Y_1、Z_1 轴方向的尺寸都按 1:1 比例量取，依次画出各点的轴测图，由点连线而得到物体的正等测图。然后判别可见性，并擦去多余的图线，加深可见轮廓线，完成全图。

（1）平面立体正等测图

例 2-2 已知长方体的三视图，画长方体的正等测图。

分析　长方体共有 8 个顶点，用坐标确定各顶点在其轴测轴中的位置，然后依次连接各顶点的棱线即可。

作图步骤

① 先在正投影图上定出原点和坐标轴的位置。选定右侧后下方的棱角为原点，经过原点的三条棱线为 OX、OY、OZ 轴，如图 2-33（a）所示。

② 根据轴间角画出轴测轴 O_1X_1、O_1Y_1、O_1Z_1。在 O_1X_1 轴上量取长方体的长度 a，在轴 O_1Y_1 上量取长方体的宽度 b，画出长方体底面的图形，如图 2-33（b）所示。

③ 由长方体底面各顶点向上作 O_1Z_1 的平行线，在各线上量取长方体的高度 h，得到顶面上各点，把各点依次连接，得长方体顶面、正面和侧面的图形，如图 2-33（c）所示。

④ 擦去多余的图线并加深，即得到长方体的正等测图，如图 2-33（d）所示。

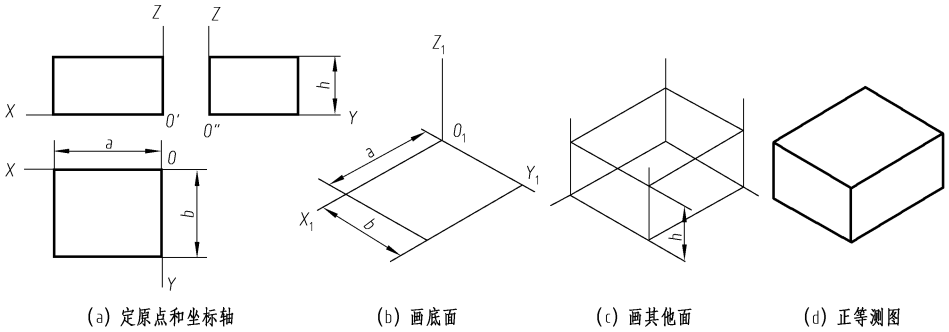


图 2-33　长方体的正等测图画法

（2）平行于坐标面的圆的正等测图

平行于坐标面的圆，其轴测图是椭圆，如图 2-34 所示为三种不同位置的圆的正等轴测图，它们除了长短轴的方向不同外，画法都是一样的。

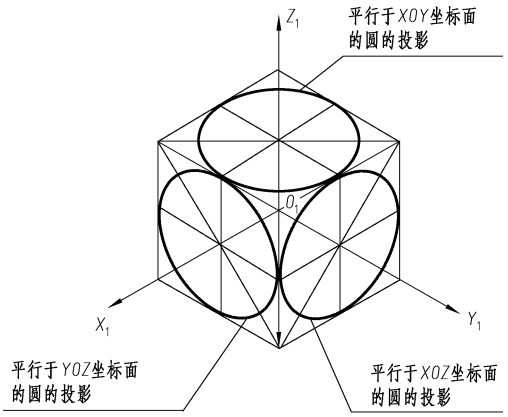


图 2-34　平行于坐标面的圆的正等测图

例 2-3　已知平行于 H 面（即 XOY 坐标面）的圆，画出圆的正等测图。

分析　平行于 H 面的圆，其轴测图是椭圆，为简化画图，可采用四心近似画法，四心近似画法是用光滑连接的 4 段圆弧代替椭圆。

作图步骤

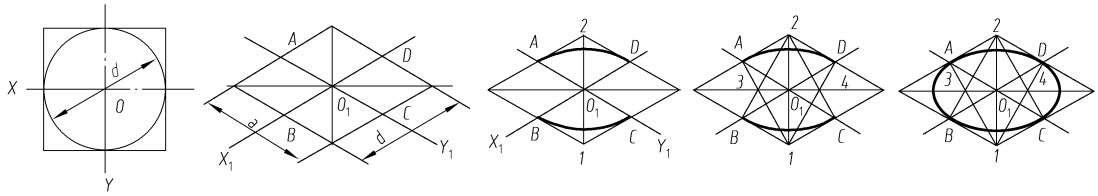
① 以圆心 O 为坐标原点，OX、OY 为坐标轴，作圆的外切正方形，如图 2-35（a）所示。

② 定椭圆中心 O_1，并作轴测轴 O_1X_1、O_1Y_1，在 O_1X_1、O_1Y_1 轴上按圆的直径 d 截取 A、B、C、D 点，过 A、B、C、D 点分别作 O_1X_1、O_1Y_1 轴的平行线，得到一个菱形，菱形的长对角线为椭圆长轴，短对角线为椭圆短轴，如图 2-35（b）所示。

③ 分别以 1、2 点为圆心，以 $1D$、$2B$ 的长度为半径画大圆弧，如图 2-35（c）所示。

④ 连接 $1A$、$1D$、$2B$、$2C$，在菱形的长对角线上得 3、4 点，如图 2-35（d）所示。

⑤ 分别以 3、4 点为圆心，以 $3A$、$4D$ 的长度为半径画小圆弧，在 A、B、C、D 点与大圆弧连接，即得到近似椭圆，如图 2-35（e）所示。



(a) 作外切正方形　(b) 作菱形　(c) 画大圆弧　(d) 作小圆弧圆心　(e) 画小圆弧

图 2-35　椭圆的四心近似画法

（3）回转体的正等测图

画回转体的正等测图时，先用四心近似画法画出回转体中平行坐标面的圆的正等测图（椭圆），然后再画其余部分。

例 2-4　已知圆柱的两视图，画圆柱的正等测图。

分析　圆柱的顶圆和底圆都平行于 XOY 面，它们的正等轴测图都是椭圆，画出顶面和底面的椭圆，再作两椭圆的轮廓切线即得圆柱的正等测图。

作图步骤

① 在正投影图中选定坐标原点和坐标轴，如图 2-36（a）所示。

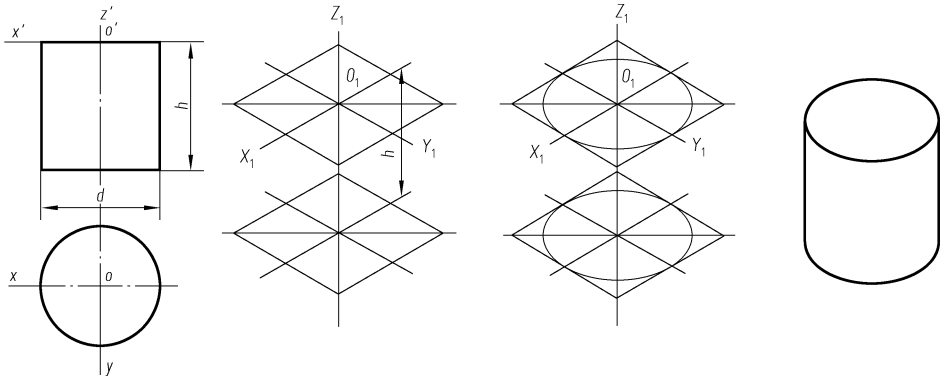
② 根据轴间角画轴测图的坐标轴，按 h 确定上、下底中心，并作上、下底菱形，如图 2-36（b）所示。

③ 用四心近似画法画出上、下底椭圆，如图 2-36（c）所示。

④ 作上、下底椭圆的公切线，擦去作图线，加深可见轮廓线，完成全图，如图 2-36（d）所示。

4. 斜二等轴测图画法

斜二测图的画法与正等测图画法相似，要注意的是 Y_1 轴方向的轴向伸缩系数 $q=0.5$，画图时沿 Y 轴方向的尺寸按 1:2 量取。



(a) 选定坐标原点和坐标轴　(b) 作上、下底菱形　(c) 作上、下底椭圆　(d) 正等测图

图 2-36　圆柱的正等测图画法

例 2-5　已知正四棱锥台的两视图，画出正四棱锥台的斜二测图。

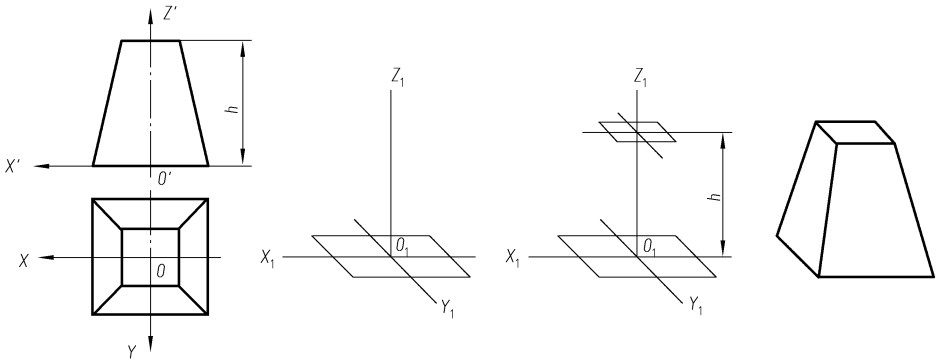
作图步骤

① 在正投影图中选定坐标原点和坐标轴，如图 2-37（a）所示。

② 根据轴间角画出轴测轴 O_1X_1、O_1Y_1、O_1Z_1，并作出底面的轴测投影，在 O_1X_1 轴上按 1:1 截取，在 O_1Y_1 轴上按 1:2 截取，如图 2-37（b）所示。

③ 在 O_1Z_1 轴上量取正四棱台的高度 h，作出顶面的轴测投影，如图 2-37（c）所示。

④ 依次连接顶面与底面对应的各点得侧面的轴测投影，擦去多余的图线并描深，即得到的正四棱锥台的斜二测图，如图 2-37（d）所示。



(a) 选定坐标原点和坐标轴　(b) 作底面的轴测投影　(c) 作顶面的轴测投影　(d) 斜二测图

图 2-37　正四棱锥台斜二测图画法

例 2-6　已知圆台的两视图，画出圆台的斜二测图。

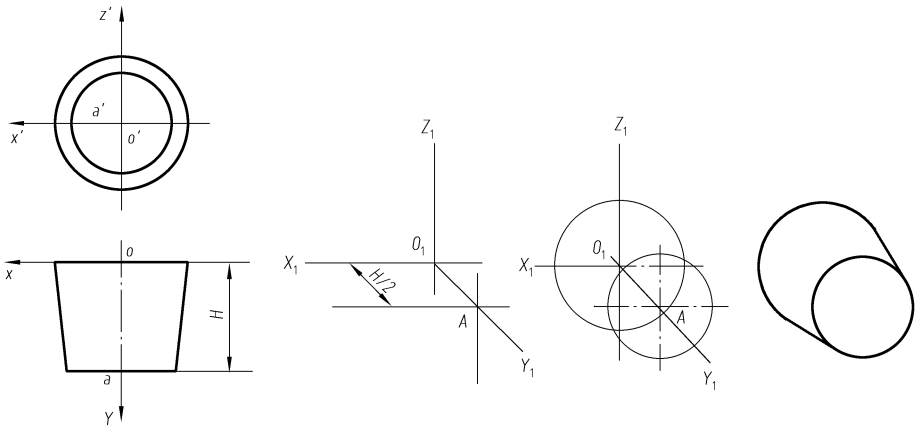
作图步骤

① 在正投影图中选定坐标原点和坐标轴，如图 2-38（a）所示。

② 根据轴间角画出轴测轴 O_1X_1、O_1Y_1、O_1Z_1，在 O_1Y_1 轴上量取 $H/2$，定出前端面的圆心 A，如图 2-38（b）所示。

③ 以 O_1、A 为圆心，作出前、后端面的轴测投影，如图 2-38（c）所示。

④ 作出两端面圆的公切线，擦去作图线，加深可见轮廓线，完成全图，如图 2-38（d）所示。



(a) 选定坐标原点和坐标轴　(b) 定出前端面圆心　(c) 作前、后端面的轴测投影　(d) 斜二测图

图 2-38　圆台斜二测图画法

第 3 章
立体的表面交线

【学习目标】

- 了解截交线和相贯线的画法。
- 掌握截断体和相贯体三视图的绘制。

【教学目标】

- 知识目标：了解立体表面交线的画法，掌握截断体和相贯体三视图的绘制。
- 能力目标：通过理论知识的学习和应用，提高空间思维能力和绘图能力。

【教学重点】

截交线和简化相贯线的画法。

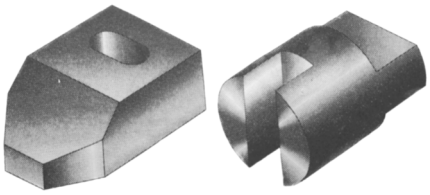
【教学难点】

截断体和相贯体三视图的绘制。

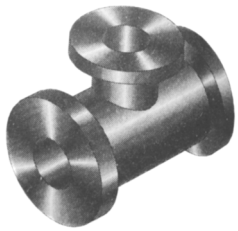
【教学方法】

分析法、演示法、练习法。

机器零件大多数是由一些基本体根据不同的要求叠加或切割而成的，因此，在立体的表面上就会出现一些交线。常见的交线可分为两类。一类是用平面切割立体所产生的交线，如图 3-1（a）所示；另一类是两立体表面相交产生的交线，如图 3-1（b）所示。



(a) 用平面切割立体



(b) 两立体表面相交

图 3-1　立体的表面交线

3.1　截交线

当立体被平面截断成两部分时，其中任何一部分均称为截断体，该平面称为截平面，截平面与立体表面的交线称为截交线。求截交线，实质上就是求截平面与立体表面的一系列共有点的集合。

3.1.1　平面立体的截交线

平面立体的截交线是一个封闭的平面多边形，它的顶点是平面体的棱线（底边）与截平面的交点，它的边是平面立体表面与截平面的交线。

平面立体截交线的求法有两种：

① 求各棱线与截平面的交点，然后依次连接各交点，并判别可见性。

② 求各棱面与截平面的交线，并判别可见性。

例 3-1　求作被正垂面截切后的四棱台的三视图（如图 3-2 所示）。

分析　截交线的形状、共有点、积聚性的投影、作图。

作图步骤

① 利用截平面的正面投影具有积聚性，可直接求出截交线四边形各顶点的正面投影。

② 根据直线上点的投影特性，求出四边形各顶点的其余两面投影。

③ 依次连接各顶点的同面投影，完成三视图。

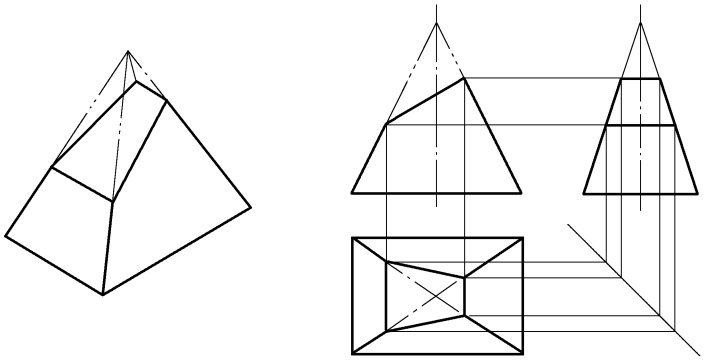


图 3-2　求作四棱台被截切后的三视图

例 3-2　求作被正垂面截切后的五棱柱的三视图（如图 3-3 所示）。

分析　截交线的形状、共有点、积聚性的投影、作图。

作图步骤

① 根据积聚性，可直接求出截切后五棱柱的正面投影（主视图）和水平面投影（俯视图）。

② 设定各侧棱上的 5 个特殊点 1，2，3，4，5 和 1′，2′，3′，4′，5′。

③ 按“宽相等、高平齐”的对应关系求出截交线在左视图上的 5 个顶点，并依次连接各顶点的同面投影，完成左视图。

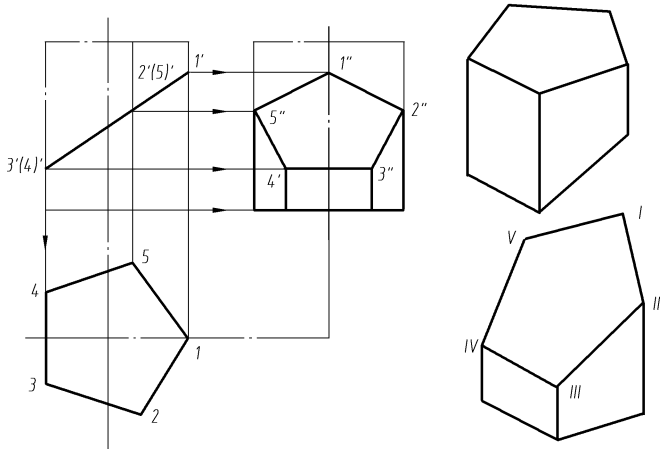
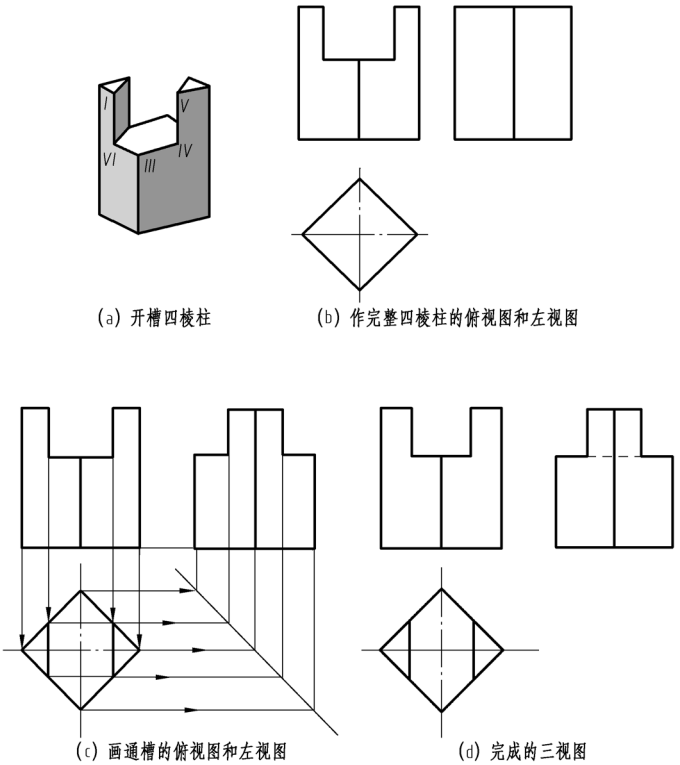


图 3-3　求作五棱柱被截切后的三视图

例 3-3　已知开槽四棱柱的主视图，完成俯、左视图（如图 3-4 所示）。



(a) 开槽四棱柱　(b) 作完整四棱柱的俯视图和左视图

(c) 画通槽的俯视图和左视图　(d) 完成的三视图

图 3-4　作开槽四棱柱的俯视图和左视图

分析　截断体的形成、视图特征、截交线的类型和特征、积聚性投影。

作图步骤

① 画出完整的四棱柱的俯、左视图。

② 根据槽宽，按“长对正”画出矩形通槽的俯视图。

③ 根据正面投影和水平投影，运用投影规律，求出截交线的侧面投影，完成矩形槽的

左视图。应当注意，四棱柱前、后两条棱线被矩形槽切断，左视图中槽口部分的外轮廓线向中心“退缩”。槽底的侧面投影中间部分不可见，画虚线。

④ 擦去被切断的多余棱线及作图辅助线，描深加粗。

3.1.2　回转体的截交线

回转体的截交线一般是封闭的平面曲线，也可能是由平面曲线和直线所围成的平面图形。截交线的形状与回转体的几何性质及其与截平面的相对位置有关。

画法要点：先作出特殊点，再作出一般点，然后连接各点即得到截交线。

1. 圆柱的截交线

根据截平面与圆柱轴线的相对位置，截交线有三种形状，见表 3-1。

表 3-1　圆柱的截交线

截平面位置	平行于轴线	垂直于轴线	倾斜于轴线
截交线	直　　线	圆	椭　　圆
轴测图			
投影图			

例 3-4　求作被正垂面截切后的圆柱的三视图（如图 3-5 所示）。

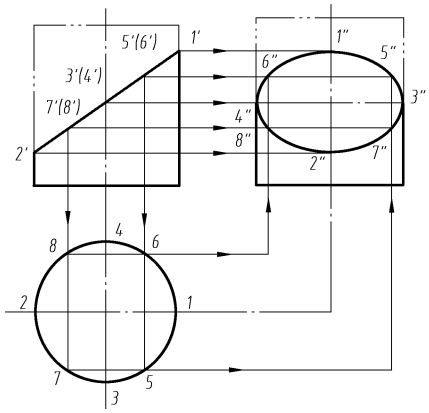


图 3-5　求作圆柱被截切后的三视图

作图步骤

① 根据积聚性，可直接求出截切后圆柱的正面投影（主视图）和水平面投影（俯视图）。

② 作特殊点 1、2、3、4 的侧立面投影（左视图）。

③ 作一般点 5、6、7、8 的侧立面投影（左视图）。

④ 按顺序将各点光滑连接起来，得到圆柱截切后的左视图。

例 3-5 画出上部开槽、下部切口的圆柱体的三视图（如图 3-6 所示）。

作图步骤

① 先画出完整圆柱的三视图。

② 按凹槽和切口的宽度（左右方向）和深度，依次画出正面投影和水平投影，再求出侧面投影。由于圆柱最前、最后素线的上端被切去一段，使其侧面投影的外轮廓线向中心“退缩”，呈“凸”字形。圆柱底部被切去的部分是左右两边，最前、最后素线完整，但最左、最右素线的下段被切去一段。

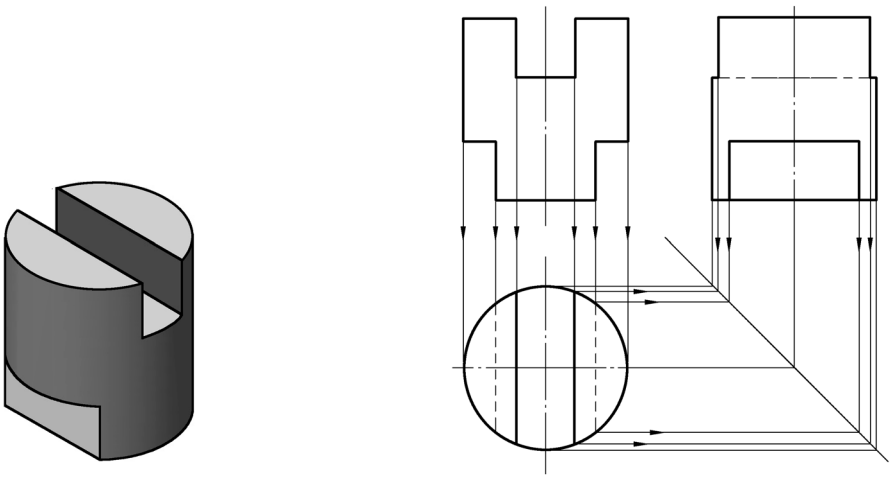
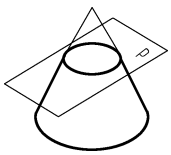
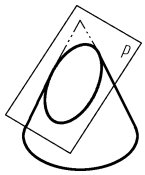
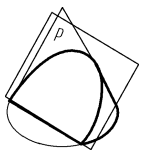
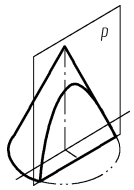
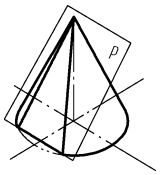


图 3-6 作圆柱切口开槽后的三视图

2. 圆锥的截交线

根据截平面与圆锥轴线的相对位置，截交线有 5 种形状，见表 3-2。

表 3-2 圆锥的截交线

截平面位置	垂直于轴线	与轴线倾斜（不平行于任一素线）	平行于一条素线	平行于轴线	过锥顶
截交线	圆	椭圆	抛物线	双曲线	两相交直线
轴测图					

续表

截平面位置	垂直于轴线	与轴线倾斜（不平行于任一素线）	平行于一条素线	平行于轴线	过锥顶
截交线	圆	椭圆	抛物线	双曲线	两相交直线
投影图					

当圆锥截交线为圆和直线时，其投影可直接画出。当截交线为椭圆、抛物线、双曲线时，则要采用求共有点的方法作图。

例 3–6　求作正垂面与圆锥的截交线（如图 3–7 所示）。

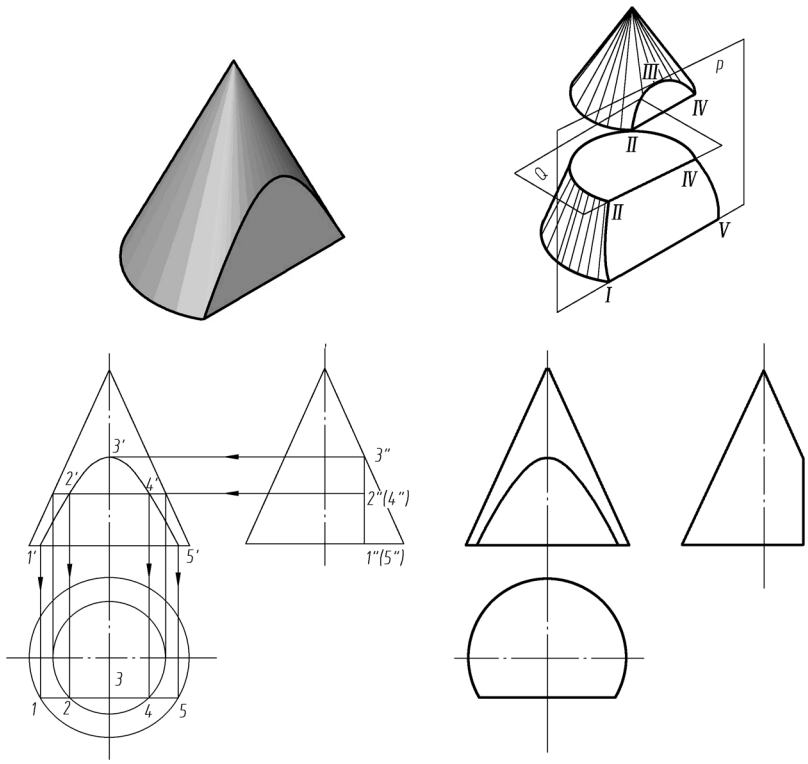


图 3–7　作圆锥的截交线

作图步骤

① 求特殊点。根据侧面投影 3″可求出正面投影最高点 3′，根据水平投影 1、5 可求出正面投影最低点 1′、5′。*I*、*V* 两点也是最左点和最右点，可认为是底圆与截平面 *P* 的交点。

② 求一般点。作辅助平面 Q 与圆锥相交，交线是圆，该圆的水平投影与截平面的水平投影相交于 2、4，再由 2、4 求出正面投影 2′、4′。其实，如果将辅助平面 Q 截切后的立体和原来的立体进行比较就可以发现，II、IV 和 I、V 正面投影的求法是相同的。

③ 依次光滑连接各点，完成全图。

3. 球的截交线

例 3-7 求作半球开槽的三视图（如图 3-8 所示）。

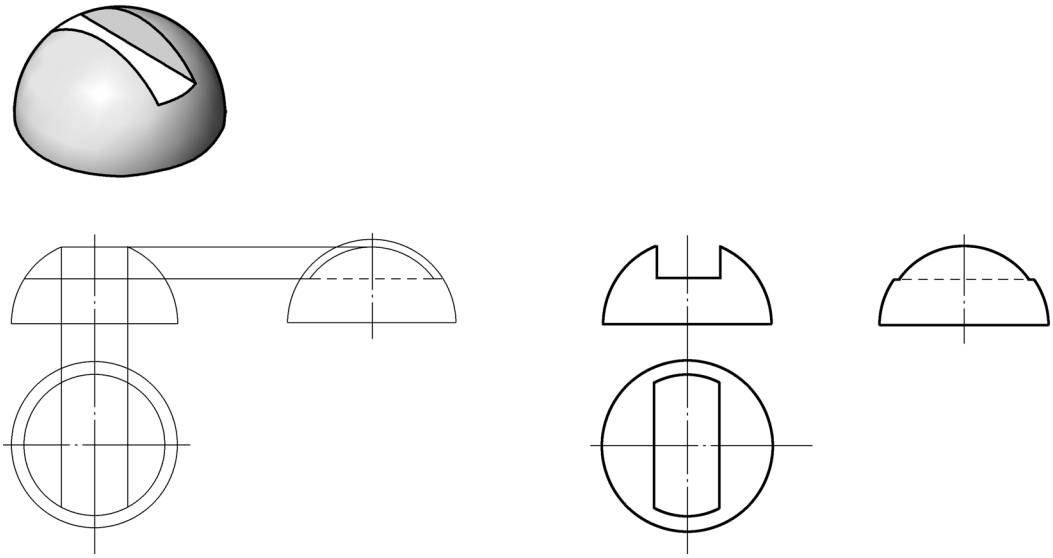


图 3-8 作半球开槽的三视图

分析 半球被两个对称的侧平面和一个水平面截切。两个侧平面与球面的截交线各为一段平行于侧面的圆弧，其侧面投影反映圆弧实形，正面和水平投影各积聚为一直线段。水平面与球面的截交线为两段水平的圆弧，其水平投影反映圆弧实形，正面和侧面投影各积聚为一直线段。

作图步骤

① 先画出完整半球的三视图，根据槽宽和槽深画出反映通槽特征的正面投影。

② 分别作出截交线在 H、W 面的投影，完成全图。

3.2 相贯线

两立体表面相交称为相贯，其表面交线称为相贯线，如图 3-9 所示。

两立体的形状、大小和相对位置不同，相贯线的形状也不同，一般是封闭的空间曲线。相贯线是两基本体表面共有点的集合。

本节重点讨论最常见的几种曲面立体相贯线的画法。

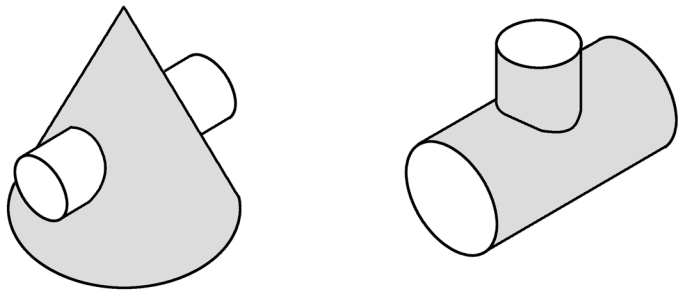


图 3-9　相贯线

3.2.1　利用积聚性求作相贯线

例 3-8　求作轴线正交两圆柱的相贯线（如图 3-10 所示）。

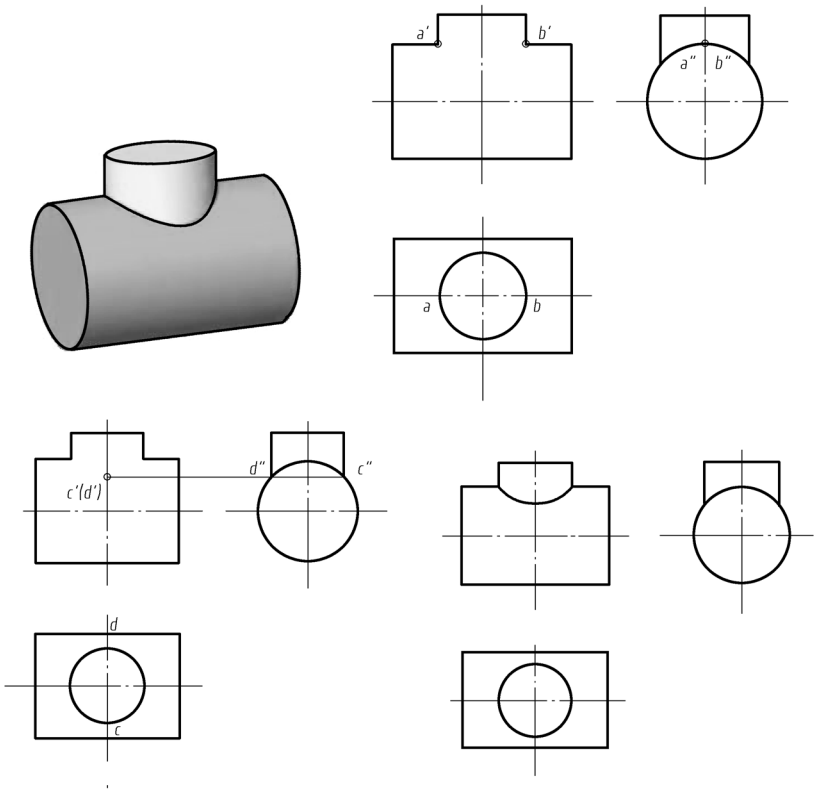


图 3-10　作轴线正交两圆柱的相贯线

分析　如图 3-10 所示，由于直立圆柱相贯线的水平投影和侧面投影分别积聚在它们有积聚性的投影圆上，因此，只须作出相贯线的正面投影。

作图步骤

① 直立圆柱的最左、最右素线与水平圆柱最高素线的交点，是相贯线上的最高点，也是最左、最右点，因此，a'、b'、a、b、a''、b''均可直接作出。

② 直立圆柱的最前、最后素线与水平圆柱表面的交点，是相贯线上的最低点，也是最前、最后点，因此，c''、d''、c、d 也可直接作出，并由此得 c'（d'）。

③ 光滑连接 a'、c'、b'即为相贯线的正面投影。

两圆柱直径的相对大小对相贯线形状和位置的影响如图 3-11 所示。

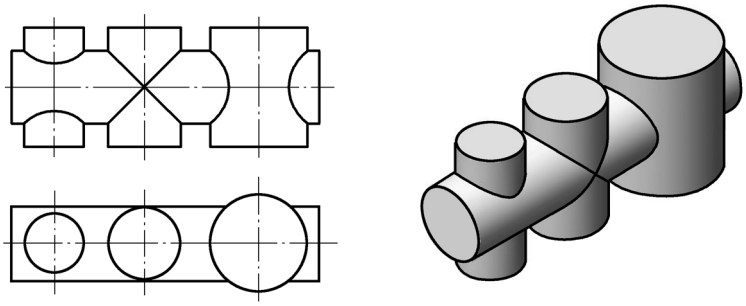


图 3-11　两圆柱直径的相对大小对相贯线的影响

圆柱与空心圆柱相交的画法与不同直径两圆柱正交相同，如图 3-12 所示。

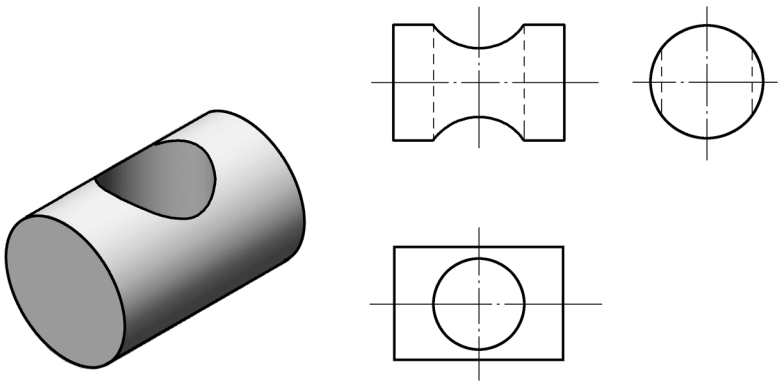


图 3-12　圆柱与空心圆柱相交的相贯线

3.2.2　相贯线的简化画法和特殊情况

当两圆柱正交且直径不等时，相贯线的投影可采用简化画法。如图 3-13 所示，相贯线的正面投影以大圆柱的半径为半径画圆弧来代替，并向大圆柱内弯曲。

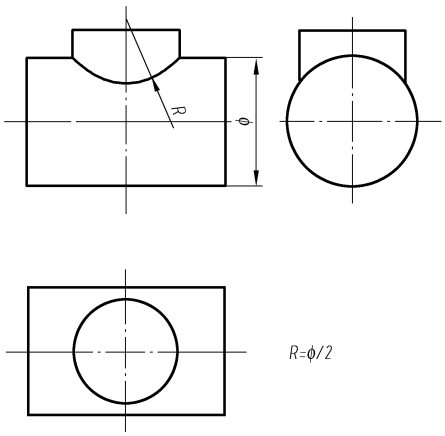


图 3-13　相贯线的简化画法

两回转体相交，其相贯线一般为空间曲线。但在特殊情况下，也可能是平面曲线或直线，如图 3-14 所示。

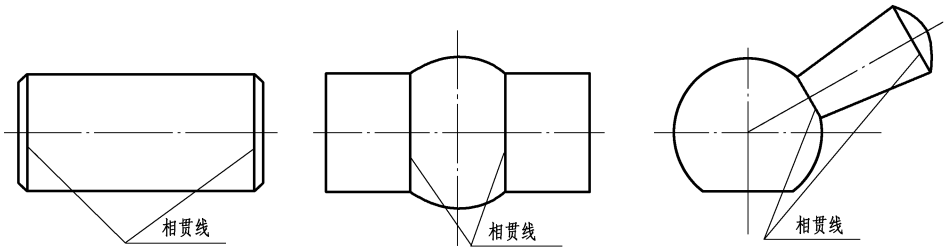


图 3-14　同轴回转体的相贯线

当圆柱与圆柱、圆柱与圆锥轴线相交，并公切于一球时，相贯线为椭圆，它在与两轴线平行的投影面上的投影为直线段，如图 3-15 所示。

当两圆柱轴线平行时，其相贯线是两条平行于轴线的直线段，如图 3-16 所示。

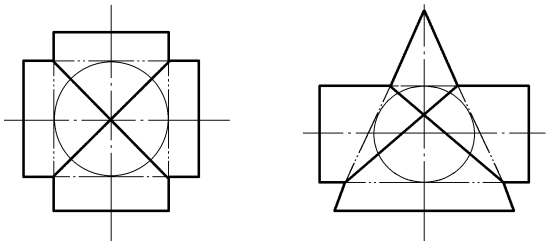


图 3-15　公切于球时的相贯线

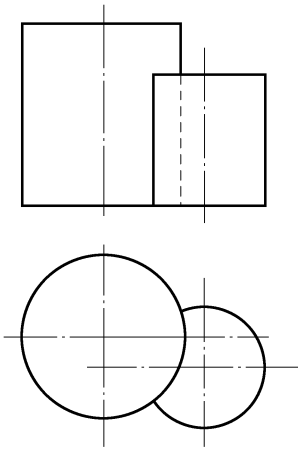


图 3-16　轴线平行的两圆柱的相贯线

3.2.3　过渡线的画法

机械工程中有许多铸件或锻件，它们在表面相交处，通常用小圆角光滑过渡。机件表面的交线不很明显，这种交线称为过渡线。过渡线的画法与相贯线或截交线的画法基本一致，只是过渡线与轮廓线间要有空隙，如图 3-17 所示。

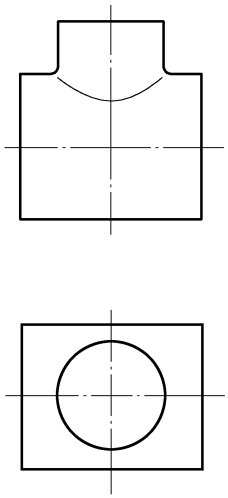


图 3-17　过渡线

第 4 章 组合体视图

【学习目标】

- 了解组合体的组合形式和表面连接关系。
- 掌握形体分析法并用其分析组合体。
- 掌握组合体的画法。
- 掌握组合体的标注。

【教学目标】

- 知识目标：了解组合体组合形式和表面连接关系。
- 能力目标：通过理论知识的学习和应用，培养综合运用能力。

【教学重点】

- 形体分析法。
- 组合体的画法和读法。

【教学难点】

用形体分析法分析组合体。

【教学方法】

用模型辅助讲解。

4.1 组合体的概念和分析法

4.1.1 组合体的概念

由两个或两个以上基本几何体所组成的物体，称为组合体，如图 4-1 所示。

组合体是一个完整的形体，不能简单地把它看成由基本几何体堆砌而成的形体。

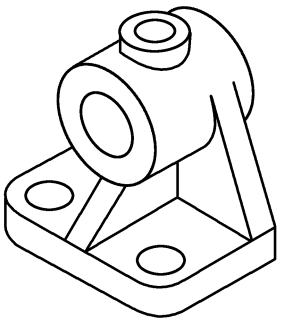


图 4-1 组合体

4.1.2　组合体的组合形式

组合体的组合形式一般分为切割和叠加两种基本形式，通常见到的是这两种形式的组合。明确组合体之间的组合方式，有利于准确地绘制组合体视图。

1. 叠加型

叠加型是指组合体由几个基本体一层层地堆叠起来，如图 4-2 所示。根据基本体表面的接触方式不同，可分为堆积、相切和相贯等几种叠加方式。

堆积是指两基本体以平面相接触，如图 4-3 所示。

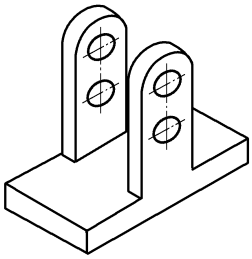


图 4-2　叠加型

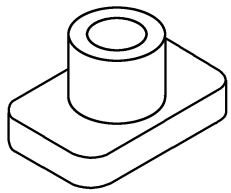


图 4-3　堆积

相切是指两基本体以平面与曲面或曲面与曲面光滑连接，如图 4-4 所示。

相贯是指两基本体的表面彼此相交，如图 4-5 所示。

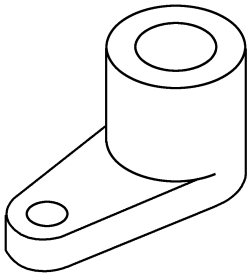


图 4-4　相切

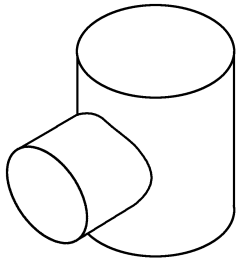


图 4-5　相贯

2. 切割型

切割型是指组合体由从较大基本体中挖出或切除较小基本体而形成，如图 4-6 所示。

3. 综合型

综合型是指组合体由基本体通过叠加或切割等多种方式而形成，如图 4-7 所示。

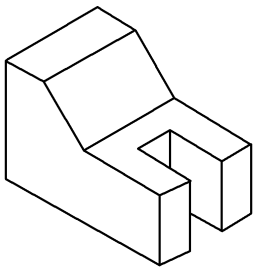


图 4-6　切割型

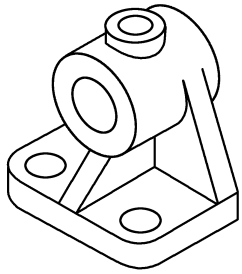


图 4-7　综合型

4.1.3 形体分析法

画图之前假想将组合体分解成若干个基本体，弄清各基本体的形状、相对位置及它们之间的组合方式，这种方法称为形体分析法。如图 4-8 所示，轴承座可分解为底板、竖板、半圆柱、圆孔等各个部分，各部分之间由叠加、切割等方式组合。

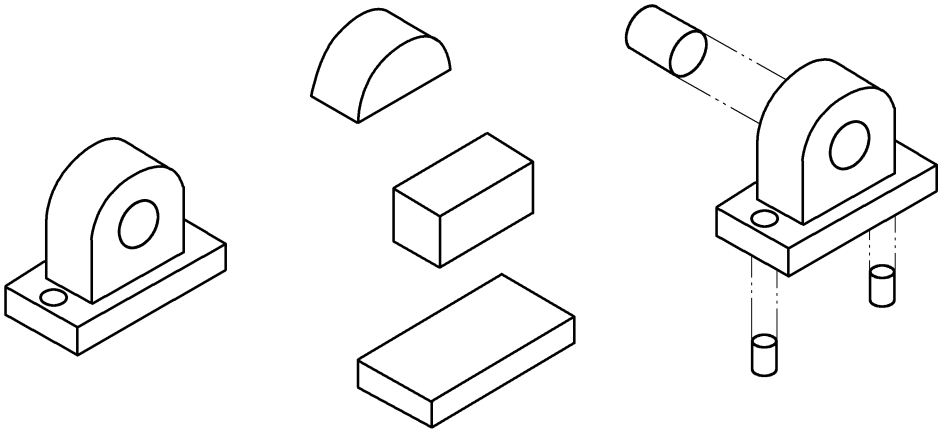


图 4-8　分析轴承座

4.1.4 组合体表面接触处的画法

当组合体上两基本体的表面不平齐时，两表面之间有线条隔开，如图 4-9 所示。

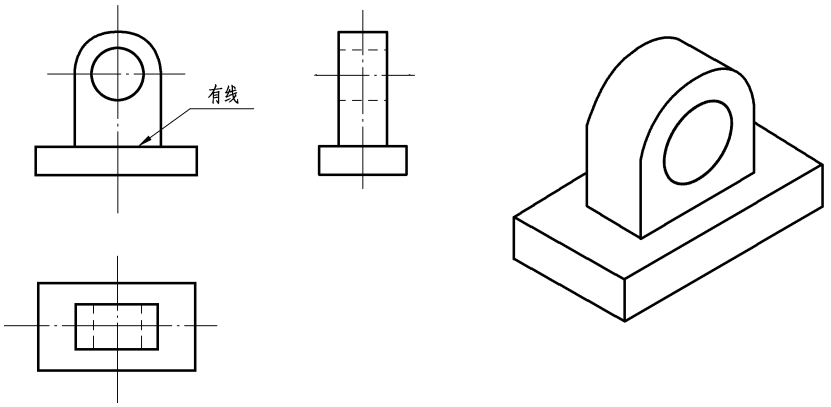


图 4-9　基本体表面不平齐

当组合体上两基本体的表面平齐时，两表面之间没有线条隔开，如图 4-10 所示。

当组合体上两基本体的表面相切时，在相切处不画线，如图 4-11 所示。

当组合体上两基本体的表面相交时，在相交处应画交线（相贯线），如图 4-12 所示。

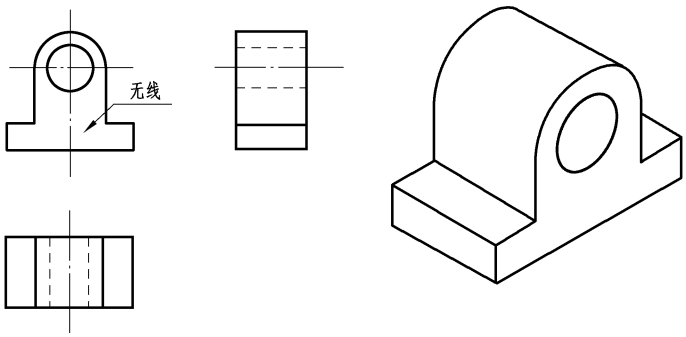


图 4-10　基本体表面平齐

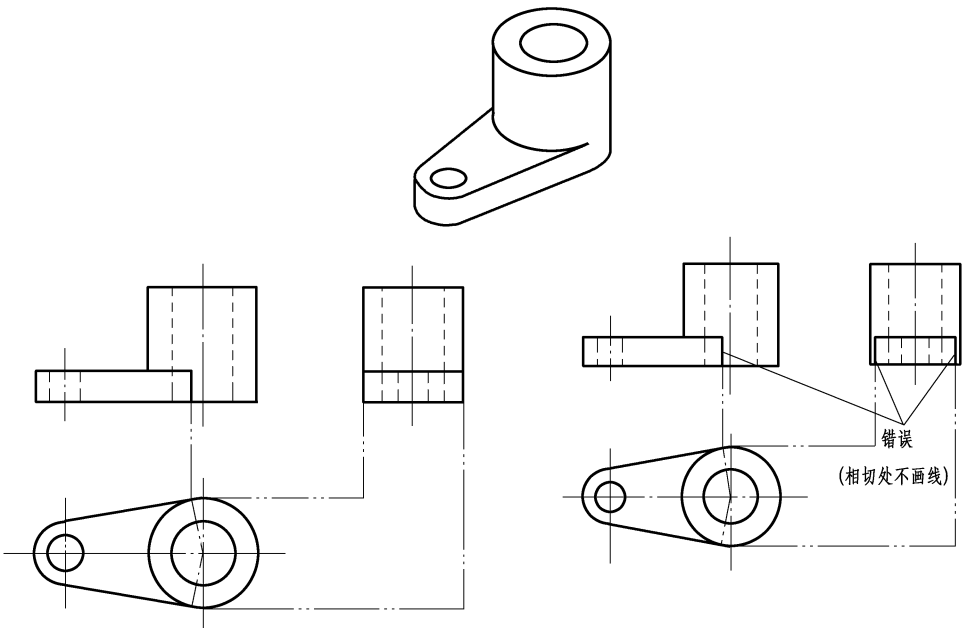


图 4-11　基本体表面相切

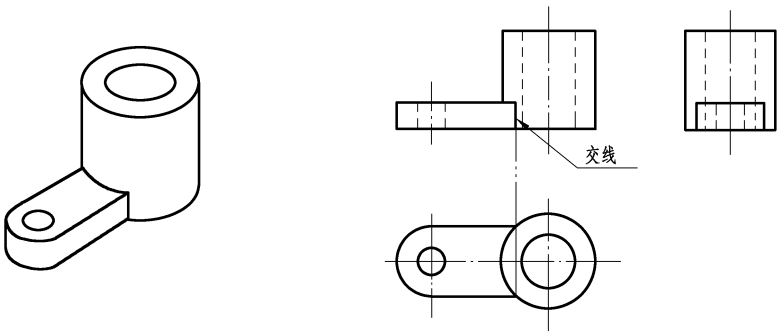


图 4-12　基本体表面相交

4.2 组合体视图的画法

画组合体三视图的基本方法是形体分析法。下面以图 4-13 轴承座为例，说明画组合体视图的方法与步骤。

1. 形体分析

分析组合体由哪些基本体组成，各基本体之间的相对位置如何，它们之间以何种方式组合，为画三视图做好准备。如图 4-13 所示的轴承座，可以看成由凸台、轴承套筒、支撑板、筋板、底板 5 个部分通过堆积、相切、切割等方式组合而成。

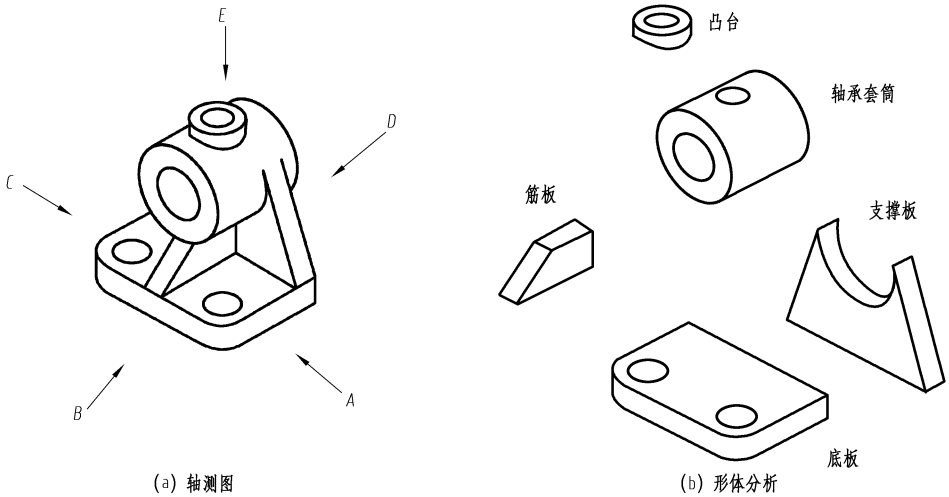


图 4-13　轴承座

2. 选择主视图

选择主视图，就是要解决好组合体怎样放置和从哪个方向投射两个问题。

（1）投射方向

投射方向应能较明显地反映组合体形状的主要特征，尽可能使形体主要面平行于投影面，以便使投影得到实形。

（2）安放位置

应尽可能采用组合体的自然安放位置，兼顾其他两个视图表达的清晰性，减少虚线。

对比图 4-14 中的 4 幅图可以看出，选择 *A* 向作为主视图的投射方向，选择轴承座的自然安放位置能较好地满足上述要求。

3. 确定比例、选择图幅

根据物体的大小、复杂程度，按标准选择适当的比例和图幅。一般尽可能选用 1:1 的比

例。图幅则根据所画视图面积及留足标注尺寸和画标题栏的位置来确定。

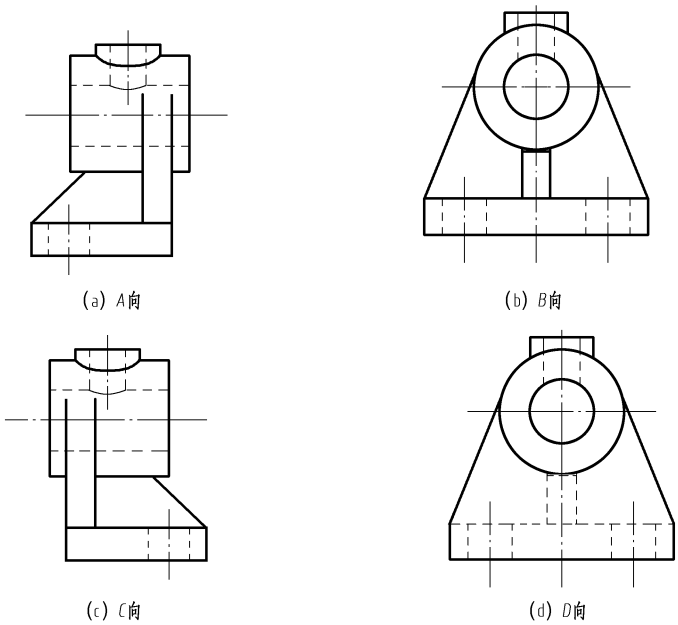


图 4-14　选择主视图

4. 布置视图位置

布置视图位置时，应保证各视图均匀布置在图幅上。

5. 绘制底稿

从主视图入手，先画主要部分，后画次要部分；先画看得见的部分，后画看不见的部分；先画圆和圆弧，后画直线；先画定位线，后画形体线。

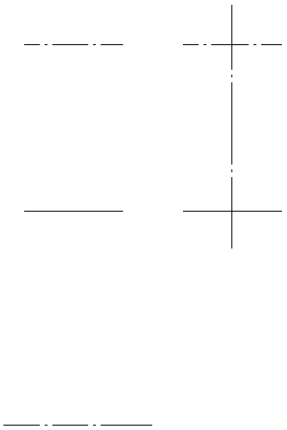
在画图中，对于组合体的每个部分，应三个视图配合着画，每部分也应从反映形体形状特征的视图先画，而不是完整地先画完一个视图，再画另一个视图。

6. 检查描深

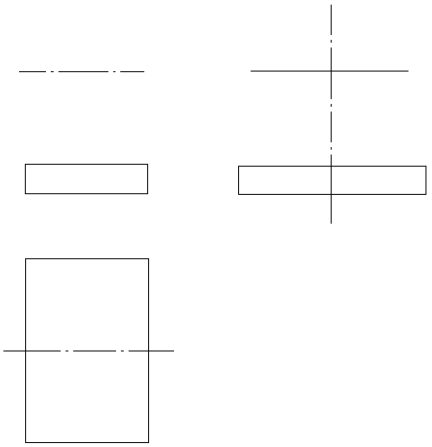
底稿完成后，首先检查组成组合体的各基本体是否完整、准确地绘制，其次检查各组合方式中是否准确画出相交的图线，既不多画线，也不漏画线，最后检查各部分的投影关系是否正确，严格遵守“长对正、高平齐、宽相等”的投影规律。

检查确认无误后，描深图线，完成全图。

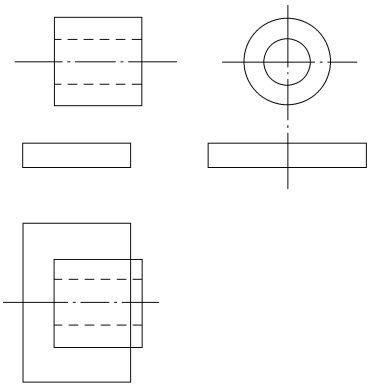
如图 4-13 所示轴承座的三视图画法如图 4-15 所示。



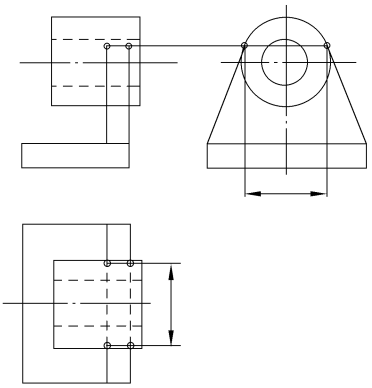
(a) 画轴线、对称中心线和底面位置线



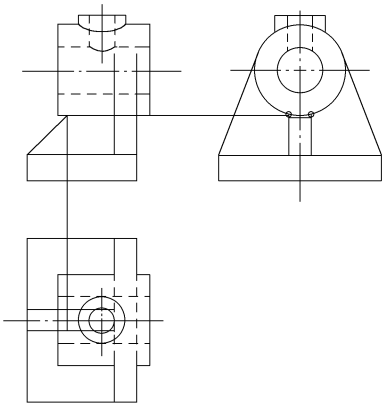
(b) 画底板的三视图



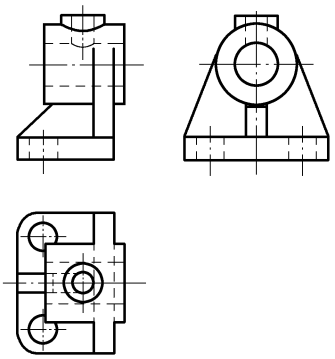
(c) 画轴承套筒的三视图



(d) 画支撑板的三视图



(e) 画凸台与筋板的三视图



(f) 画底板上的圆角和圆柱孔并加深

图 4-15　轴承座的三视图画法

4.3　组合体的尺寸标注

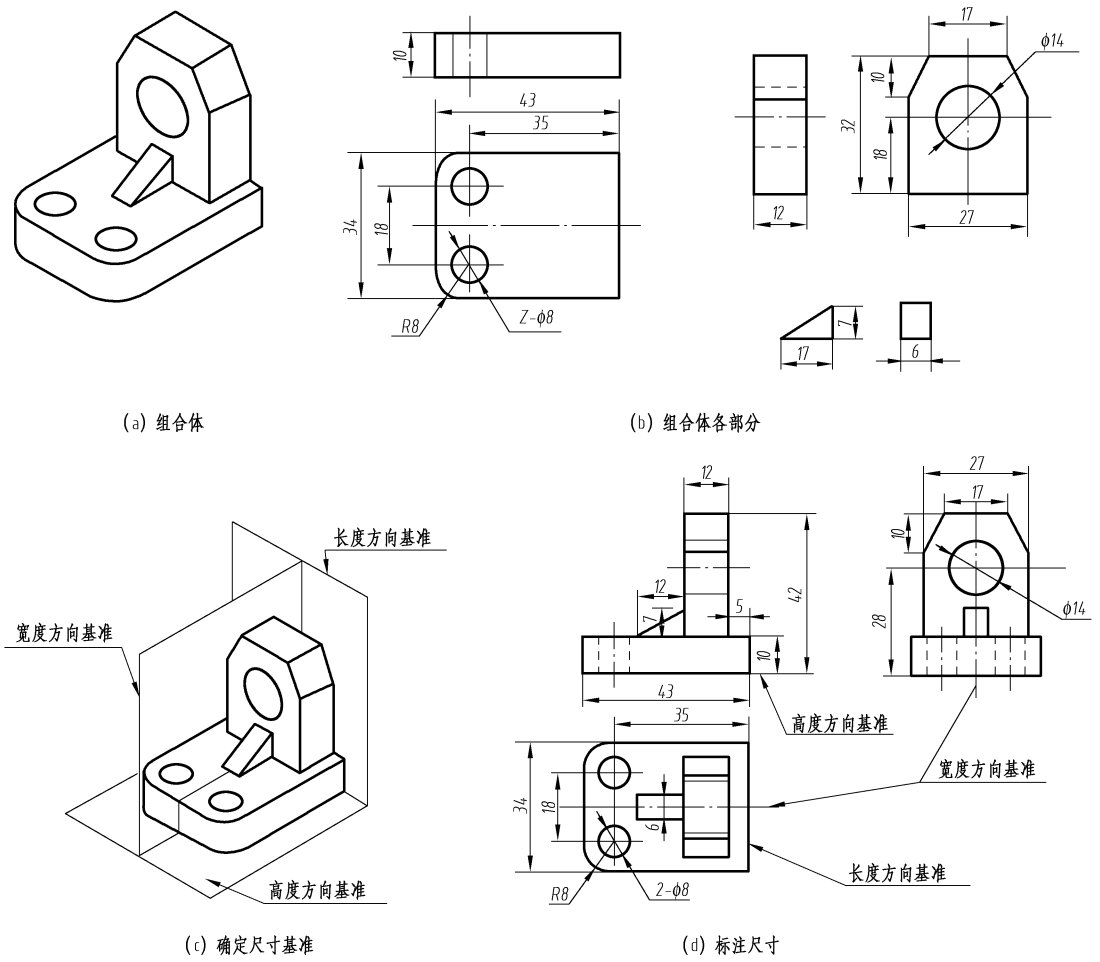
4.3.1　尺寸标注的要求

① 标注正确。尺寸标注符合机械制图国家标准的有关规定。
② 标注准确。尺寸标注完整，不遗漏，不重复。
③ 标注清晰。尺寸布置整齐清晰，便于阅读。

4.3.2　尺寸种类

1. 定形尺寸

定形尺寸是指确定组合体各部分形状大小的尺寸，如图 4-16（b）所示的 43、34、10、*R*8、17、27、32、12、6、7 等分别为底板、立板、肋板的定形尺寸。



(a) 组合体　(b) 组合体各部分　(c) 确定尺寸基准　(d) 标注尺寸

图 4-16　尺寸分析

2. 定位尺寸

定位尺寸是确定组合体各组合部分之间相对位置的尺寸，如图 4-16（d）中的 5 为确定立板与底板的定位尺寸，35、18 为确定底板孔的定位尺寸，28 为确定立板孔的定位尺寸。

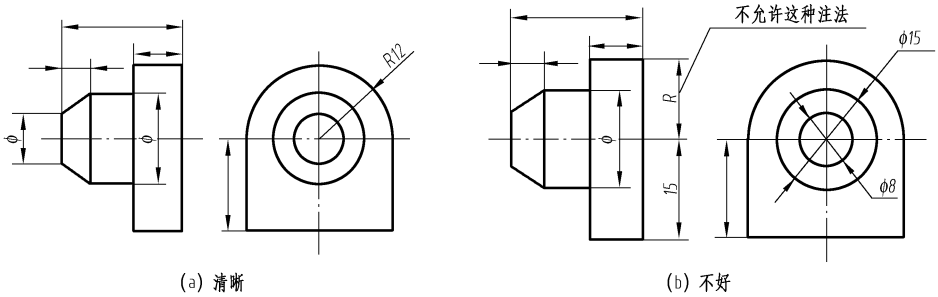
3. 总体尺寸

总体尺寸是确定组合体外形总长、总宽、总高的尺寸，如图 4-16（d）中的 43、34、42 分别为总长、总宽、总高的尺寸。

注意：

① 当总体尺寸与已经标注的定形尺寸一致时，不需要再另行标注。

② 对于具有圆弧面的结构，为了明确圆弧的中心和孔的轴线确切位置，通常总体尺寸只注到中心线位置，而不注总尺寸，如图 4-17 所示。



(a) 清晰　　(b) 不好

图 4-17　圆弧面结构的标注

4.3.3 尺寸基准

1. 尺寸基准

尺寸基准是标注尺寸的起点，有长、宽、高三个方向的尺寸基准。

2. 尺寸基准的确定

① 对称平面，如图 4-16（c）所示的宽度方向基准。

② 底面，如图 4-16（c）所示的高度方向基准。

③ 端面，如图 4-16（c）所示的长度方向基准。

④ 回转体的轴线。

⑤ 圆的中心线。

⑥ 必要时确定辅助基准。辅助基准必须用尺寸与主要基准相联系，如图 4-18 所示。

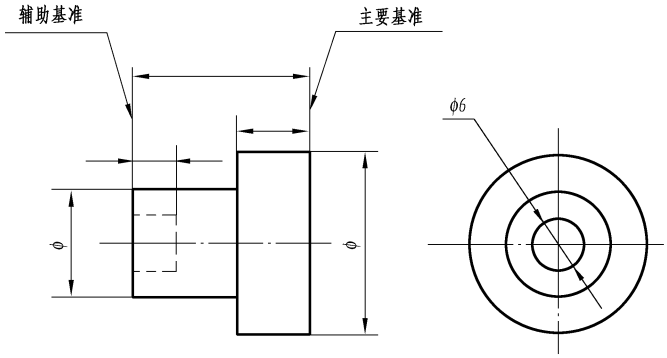
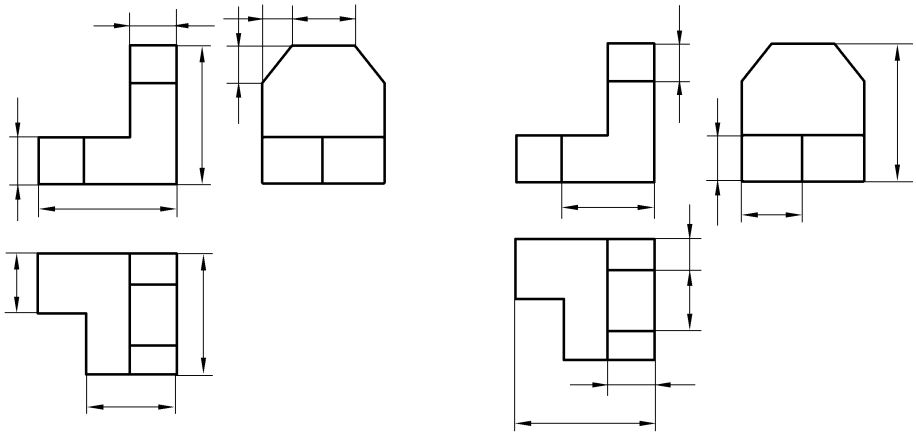


图 4-18　辅助基准

4.3.4　尺寸布置

定形尺寸应尽量注在反映形体特征的视图上，如图 4-19 所示。



(a) 清晰　　(b) 不好

图 4-19　标注定形尺寸

定位尺寸应尽量注在反映形体间位置明显的视图上，并且尽量与定形尺寸集中在一起，如图 4-20 所示。

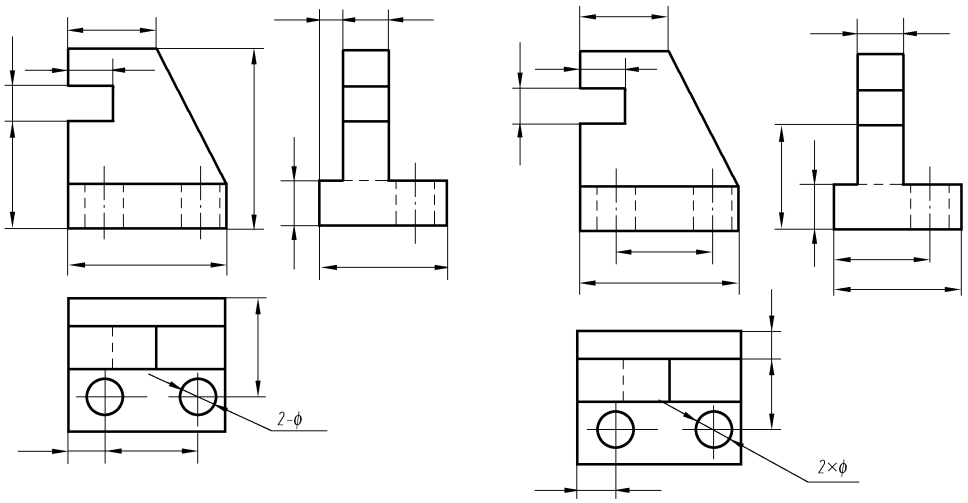
尺寸应尽量注在视图外面，如图 4-21 所示。

同轴的圆柱、圆锥的径向尺寸，一般注在非圆视图上，圆弧半径应注在投影为圆弧的视图上，如图 4-22 所示。

同方向的并联尺寸，小尺寸在内（靠近视图），大尺寸在外，依次向外分布，间隔要均匀，避免尺寸线与尺寸线相交。同一方向串联的尺寸，箭头应互相对齐，排在一条直线上。

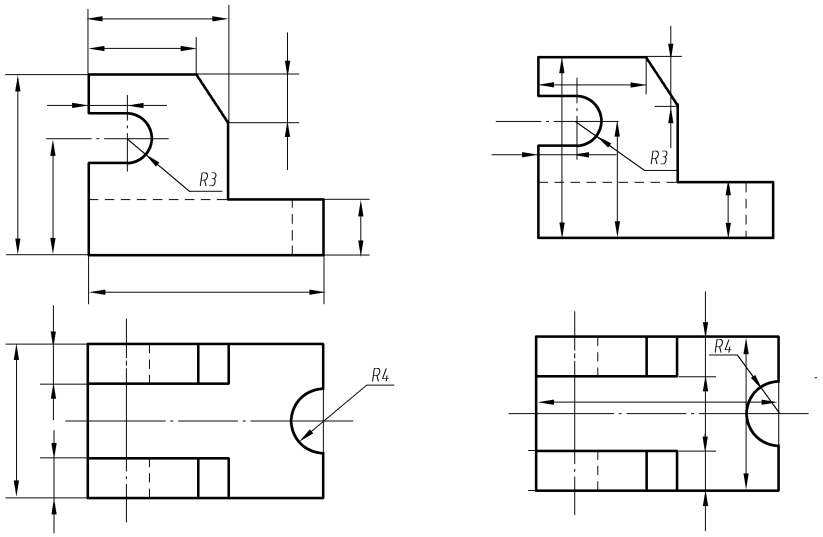
尽量避免将尺寸注在虚线上。

尺寸标注示例如图 4-23 所示。



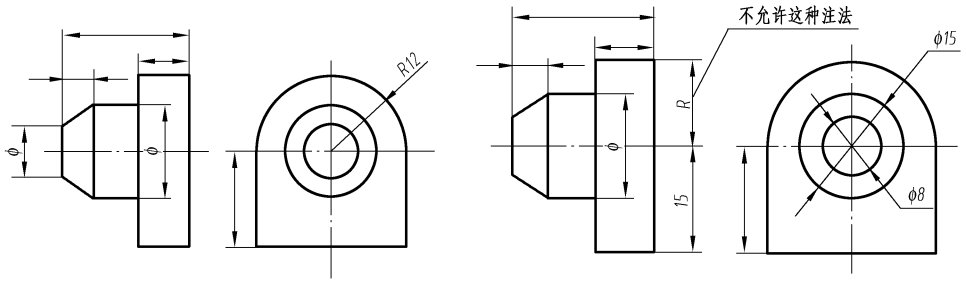
(a) 清晰　　(b) 不好

图 4-20　标注定位尺寸



(a) 清晰　　(b) 不好

图 4-21　尺寸应注在视图外面



(a) 清晰　　(b) 不好

图 4-22　标注圆弧尺寸

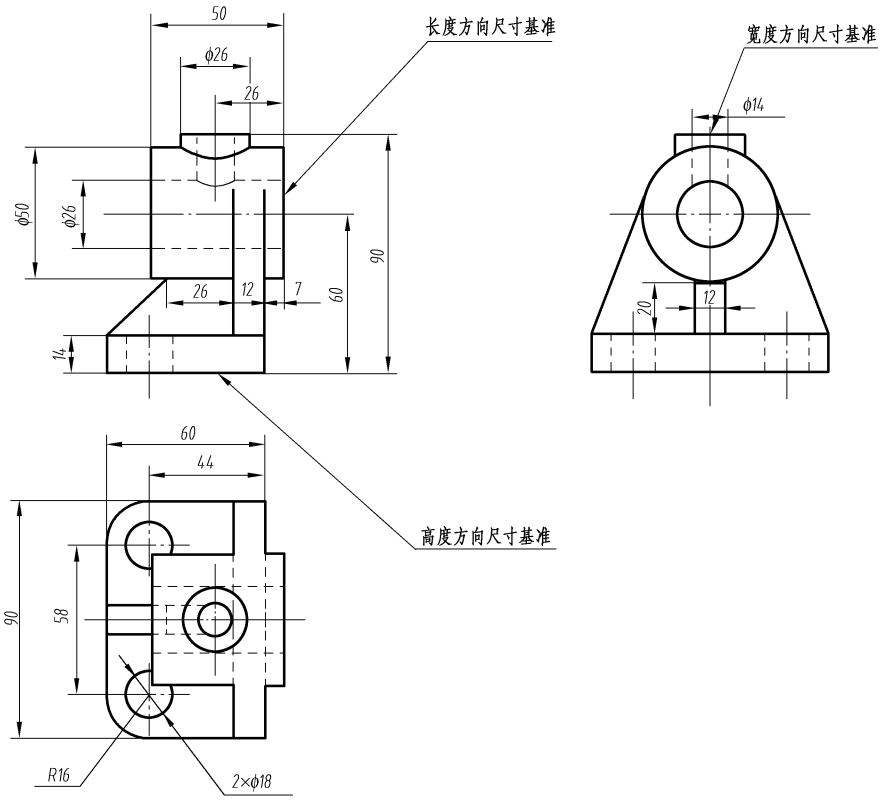


图 4-23　尺寸标注示例

4.4　识读组合体视图

识读组合体视图就是依据视图，应用正投影原理，根据投影规律想象出物体的空间形状和结构。简单地说，看图就是根据视图想象物体的形状。由于组合体是由若干基本体通过各种方式组合而成的，因此，读图时应结合基本体视图的识读来进行，掌握读图的基本方法和步骤，培养读图能力。

4.4.1　读图的注意事项

① 从反映形体特征的视图看起，大致判断形体的形状。

如图 4-24 所示，可看出这是一块有圆角过渡的长方体薄板。如图 4-25 所示，可看出这是一块长方体薄板和半圆柱薄板所组成的立板。

② 几个视图联系起来看，弄清各组成部分（基本体）的准确形状、结构。

如图 4-26 所示，结合左视图可判断出形体上半部分突出的是圆柱台，下半部分凹进去的是方形槽。

③ 对于特殊线框和线条需通过线面分析进一步明确其含义。

如图 4-27 所示，通过线面分析可判断出该物体的形状是在长方体的左、前、上方切掉一个角。

图 4-24　长方体薄板

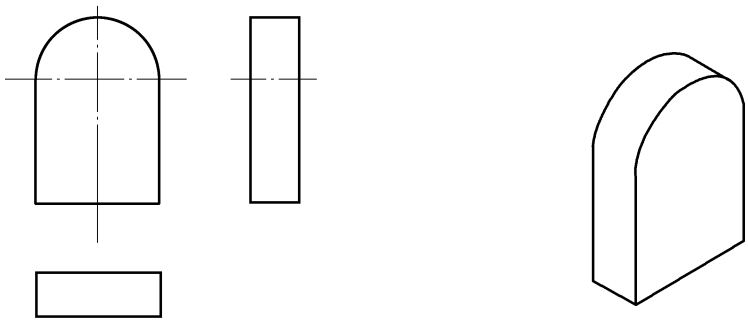


图 4-25　立板

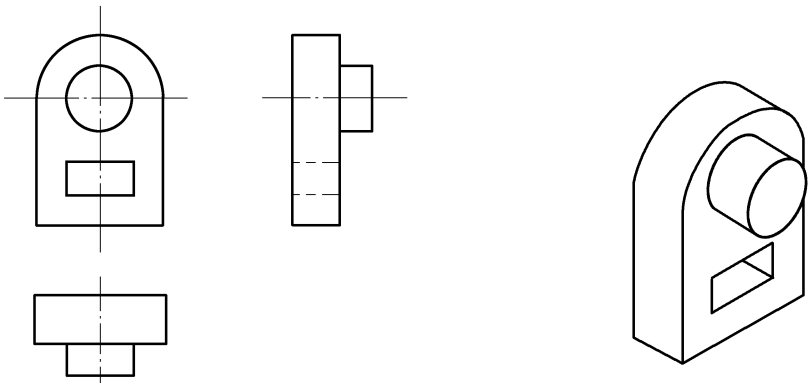


图 4-26　判断基本体形状

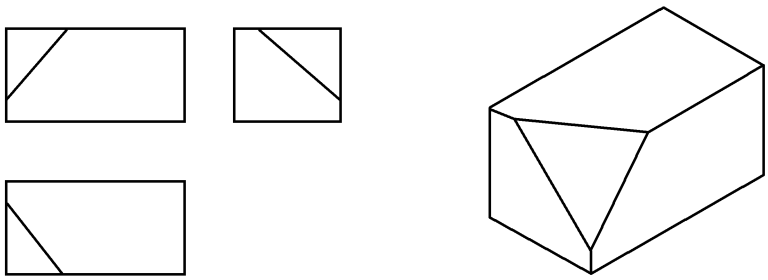


图 4-27　线面分析

④ 根据组合体的组合方式综合想象出组合体的完整形状。

如图 4-28 所示，根据形体的组合方式（堆叠、相交、切割）及各基本体的形状可想象出形体的完整形状。

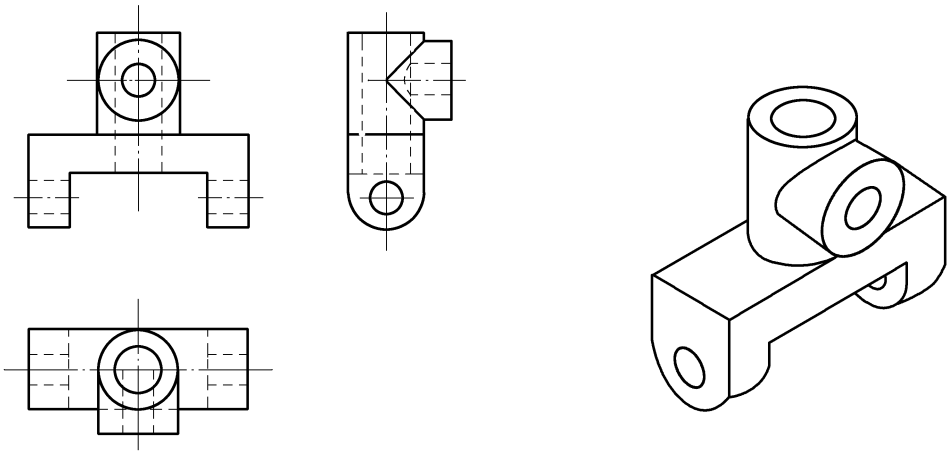


图 4-28　想象出组合体的完整形状

4.4.2　读图的方法和步骤

① 分析视图，弄清视图的名称及投影对应关系。

② 找出反映物体形状特征的部分，利用投影规律，将几个视图对照，分别读出组成组合体各部分的形状。

对于从视图中可以较为明显看出为叠加方式组合的形体，一般可以从反映形状特征的视图看起，结合其他视图即可判断各组成部分的形状。此时采用的是形体分析法，即对图形进行分解，弄清物体的组成部分及彼此间的衔接形式。

如图 4-29 所示，从组合方式、形状特征可看出该形体是由圆筒、竖板、凸台、筋板及底板 5 个部分通过堆叠、相交、相切等方式组合而成的。

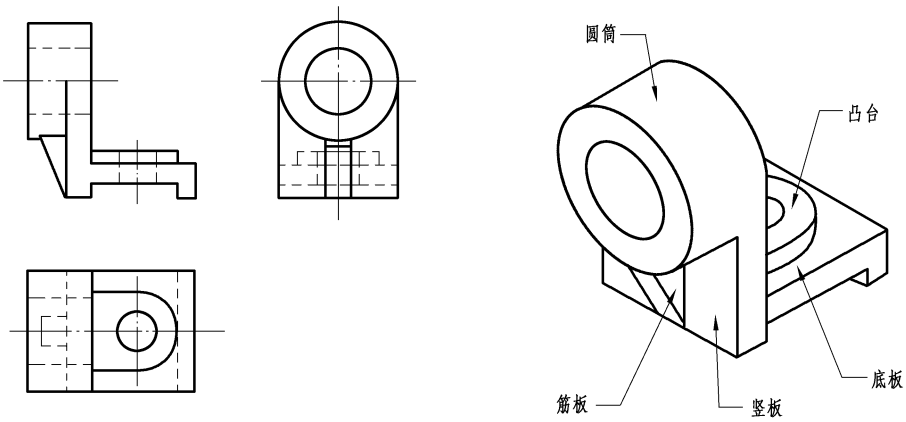


图 4-29　以叠加方式组合的形体

对于组合形式存在切割型的形体，利用形体分析较难想象出各组成部分的形状，此时应进一步采用线面分析法来分析视图，想象形状，即运用投影规律，把物体表面分解为线、面等几何要素，通过识别这些要素的空间完整形状，进而想象出物体的形状，如图 4－30 所示。

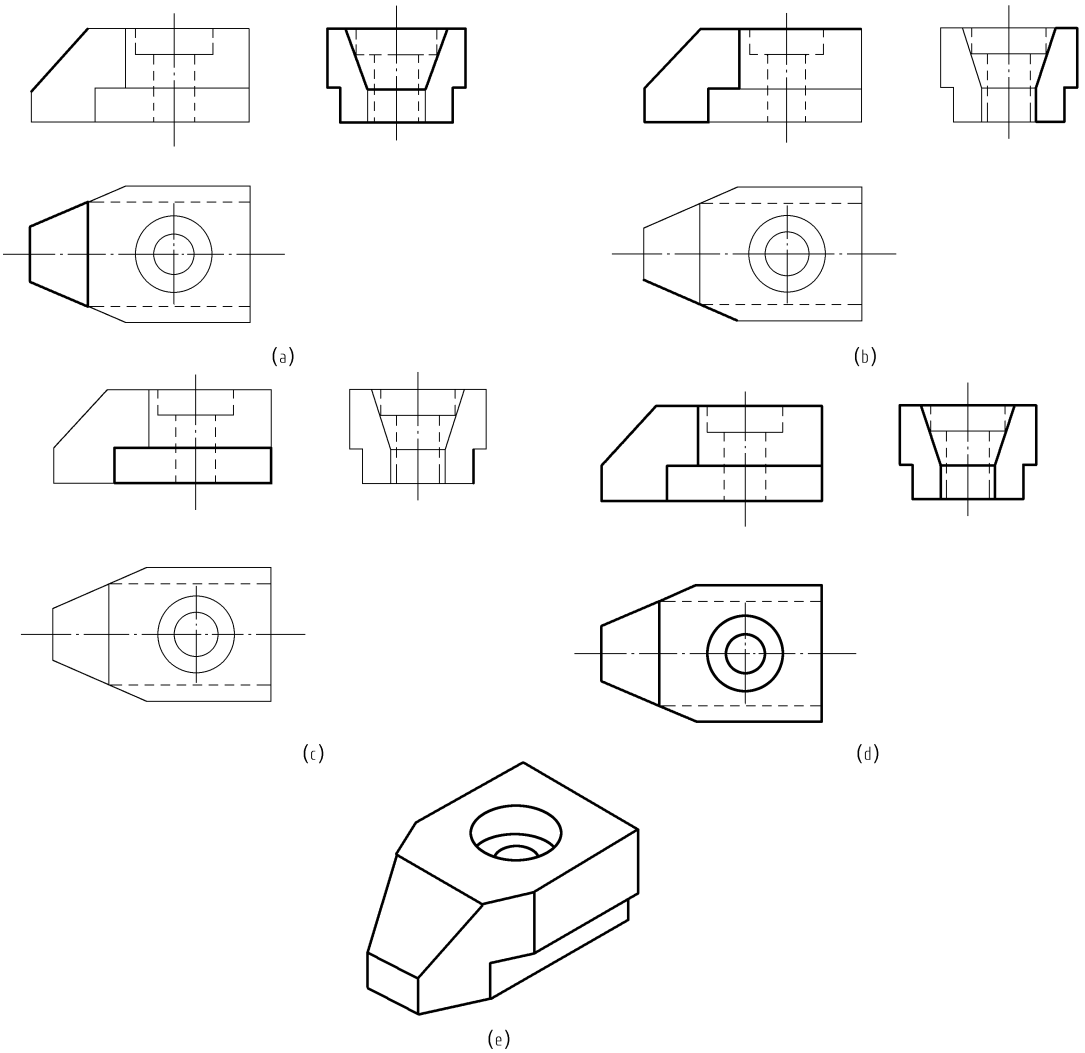


图 4－30　存在切割型组合方式的形体

对于较为复杂的组合体，往往需要应用形体分析法和线面分析法，即将两种方式相互结合来读懂视图。

③ 从视图中找出各组成部分的位置特征，弄清各组成部分的位置关系，如图 4－31 所示。

④ 根据各组成部分的形状特征和位置特征，综合想象出整体形状。

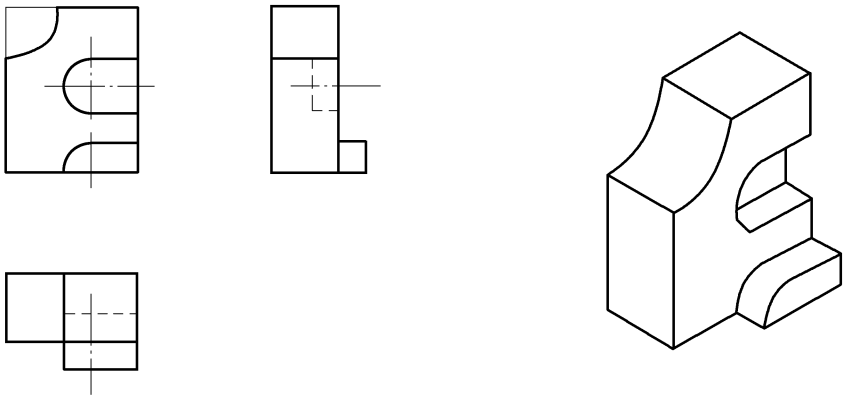


图 4-31　分析位置关系

4.4.3　识读组合体视图示例

例 4-1　读轴承座的三视图，想象出它所表示的物体的形状（如图 4-32 所示）。

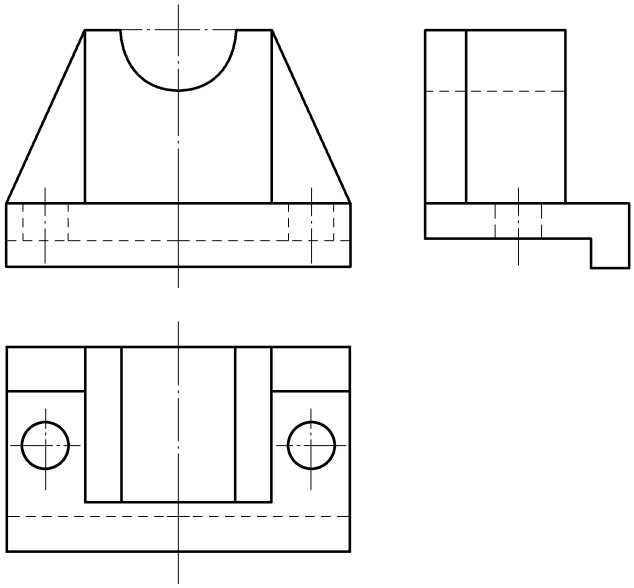
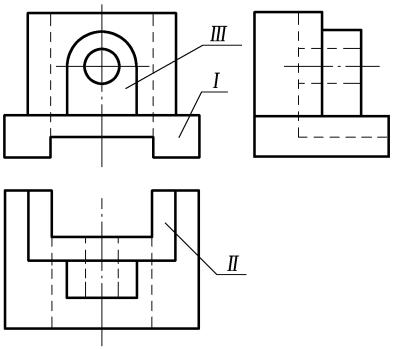


图 4-32　轴承座三视图

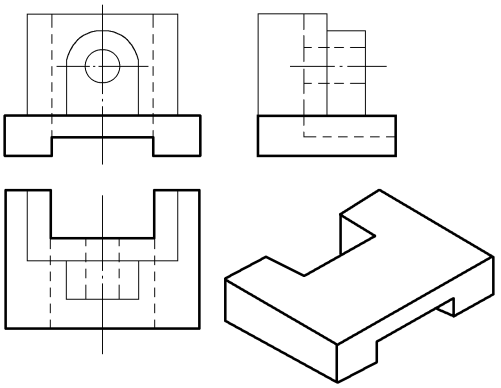
分析　从主视图看有 4 个可见线框，可按照线框将它分为 4 个部分。再根据视图间的投影关系，依次找每一个线框在其他两个视图中的对应投影，联系起来想象出每部分的形状。最后想象出轴承座的整体形状。

例 4-2　综合想象图 4-33 所示组合体的整体形状。

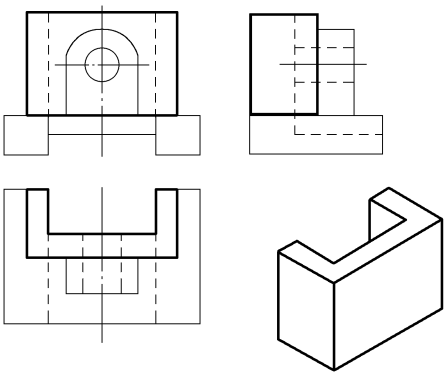
分析　确定各形体的相互位置，初步想象物体的整体形状，如图 4-33（f）所示。然后把想象的组合体与三视图进行对照、检查，根据主视图中的圆线框及它在其他两视图中的投影想象出通孔的形状，最后想象出的整体形状如图 4-33（g）所示。



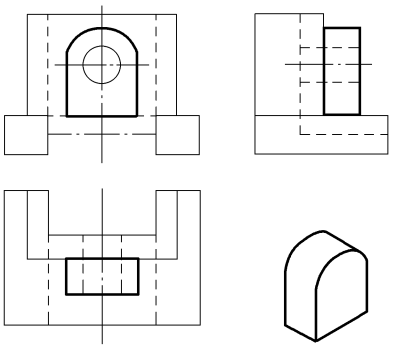
(a) 三视图



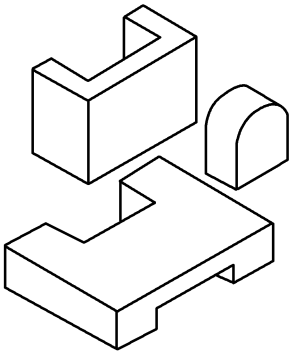
(b) 分析Ⅰ的形状



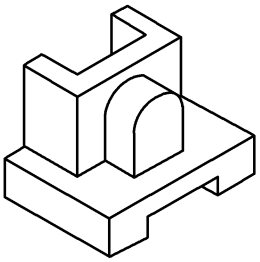
(c) 分析Ⅱ的形状



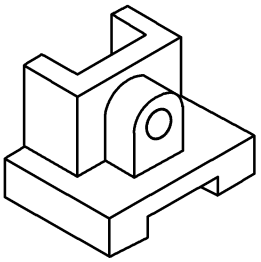
(d) 分析Ⅲ的形状



(e) 各部分的形状



(f) 初步想象整体形状



(g) 整体形状

图 4-33　想象组合体的整体形状

例 4-3　根据三视图想象出物体形状，如图 4-34 所示。

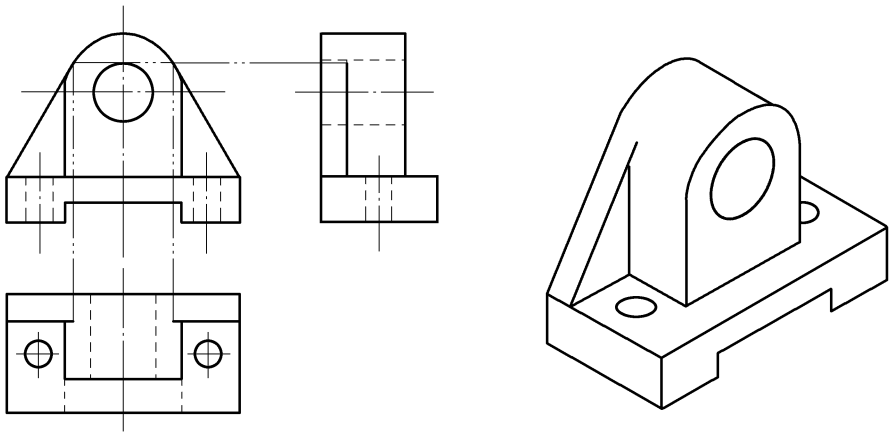


图 4-34　根据三视图想象物体形状

例 4-4　根据主视图和俯视图画出左视图（见图 4-35）。

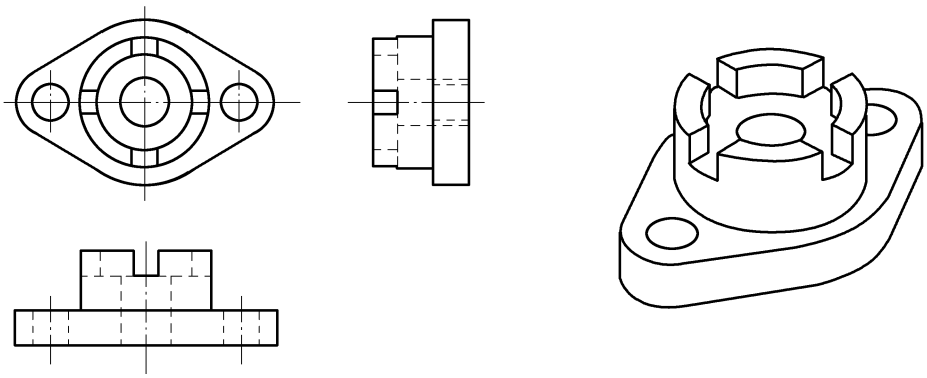


图 4-35　根据主视图和俯视图画出左视图

第5章 机件常用的表达方法

【学习目标】

- 在三视图的基础上扩展到6个视图及斜视图、向视图、局部视图。
- 掌握剖视图的画法。
- 掌握断面图的画法。

【教学目标】

- 知识目标：了解各种表达方法的特点、画法、标注规定及有关基本知识。
- 能力目标：通过理论知识的学习和应用，培养综合绘图能力。

【教学重点】

- 6个基本视图及斜视图、向视图、局部视图。
- 各种不同剖视图的画法。
- 断面图的画法。

【教学难点】

- 各种不同剖视图的画法。
- 断面图的画法。

【教学方法】

分析法、演示法、练习法。

前面几章已经研究了用三视图表达机件的方法。对于比较简单的机件，用三视图完全可以表达清楚机件的内外形状结构。但当机件的形状和结构比较复杂时，仅用三视图就难于把它们的内外形状准确、完整、清晰地表达出来。为了准确地表达一个机件，国家标准中规定了各种画法，包括视图、剖视图、局部放大图和一系列的简化画法。本章着重介绍一些常用的表达方法。

5.1 视图

5.1.1 基本视图及配置

1. 基本视图

对于形状比较复杂的机件，用原来的两个或三个视图不能完整、清晰地表达它们的内外

形状结构时，可按国标规定，在原来的 H、V、W 三投影面的基础上再增加三个基本投影面，即把机件置于一个正六面体中。（如图 5-1 所示）。正六面体的 6 个面称为基本投影面，机件在每个基本投影面上的投影都称为基本视图。所以除了前面已介绍的三个视图外，还有三个视图：由右向左投影所得的视图称为右视图，由下向上投影所得的视图称为仰视图，由后向前投影所得的视图称为后视图。

要把它们全部画在同一平面上就必须把这个正六面体展开。其展开方法是正面（主视方向）不动，其他投影面按图 5-1 中箭头所示的方向展开到与正面在同一平面上。

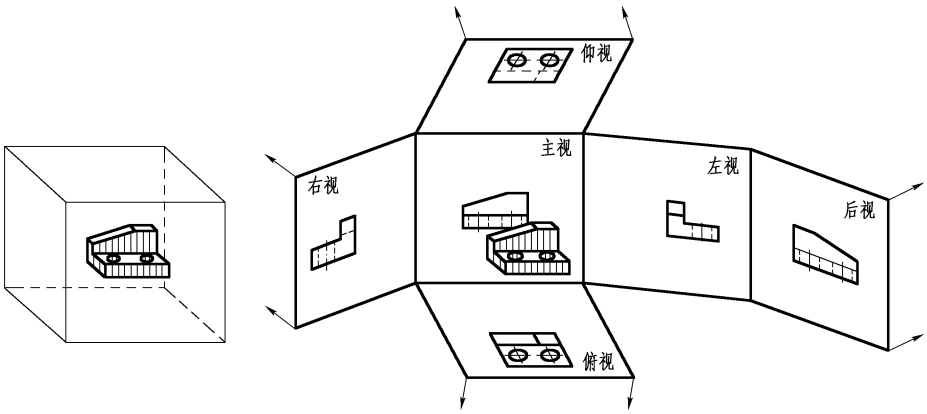


图 5-1　正六面体的展开

2. 基本视图的配置

展开后各基本视图的配置关系如图 5-2 所示。如果所画的基本视图的位置是按此标准配置的，则不加任何标注。

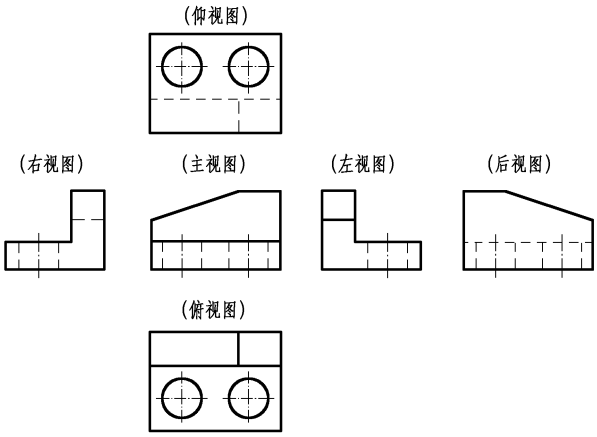


图 5-2　基本视图的配置关系

注意：6 个基本视图之间仍保持着与三视图相同的投影规律，即主视图、俯视图、仰视图长对正（后视图同样反映机件的长度，但不与主视图、俯视图、仰视图对正）；主视图、左视图、右视图、后视图高平齐；俯视图、仰视图、左视图、右视图宽相等。

5.1.2 向视图

为了更合理地在一张图纸上布置基本视图，可以采用向视图。向视图是可自由配置的视图，但必须要进行标注。它的标注方法为在向视图的上方注写“×向”（×为大写的英文字母，如 *A*、*B*、*C* 等），并在相应视图的附近用箭头指明投影方向，同时注写相同的字母，如图 5-3 所示。

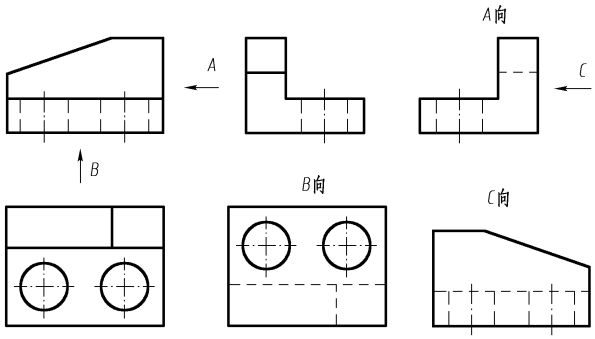


图 5-3　向视图

注意：向视图是移位的基本视图，应当正投射，不能倾斜投射（这样就是斜视图了），不能只画出部分图形（这样就是局部视图了），不能旋转配置，向视图的投射方向应与基本视图的投射方向一一对应（6 个向视图与 6 个基本视图是一样的）。

5.1.3 局部视图

1. 局部视图的概念

只将机件的某一部分向基本投影面投影所得到的图形，称为局部视图。

局部视图是不完整的基本视图，利用局部视图可以减少基本视图的数量，使表达简洁，重点突出。例如图 5-4 所示的工件，画出了主视图和俯视图，已将工件基本部分的形状表达清楚，只有左、右两侧凸台和左侧肋板的厚度尚未表达清楚，此时便可像图中的 *A* 向和 *B* 向那样，只画出所需要表达的部分而成为局部视图。这样重点突出、简单明了，有利于画图和看图。

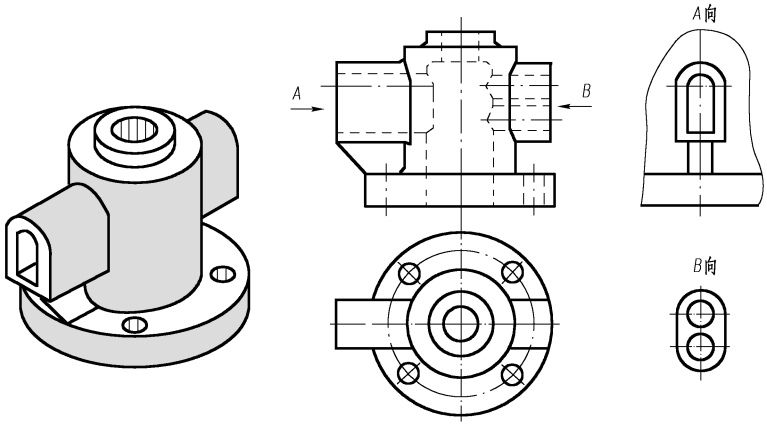


图 5-4　局部视图

2. 画局部视图时的注意事项

① 在相应的视图上用带字母的箭头指明所表示的投影部位和投影方向，并在局部视图上方用相同的字母标明“×向”。

② 局部视图最好画在有关视图的附近，并直接保持投影关系，也可以画在图纸内的其他地方，如图 5–4 中的 *B* 向视图。

③ 局部视图的范围用波浪线表示，但要注意波浪线不能超出实体，如图 5–4 中的 *A* 向视图。当所表示的图形结构完整且外轮廓线又封闭时，波浪线可省略，如图 5–4 中的 *B* 向视图。

5.1.4　斜视图

1. 斜视图的概念

将机件向不平行于任何基本投影面的投影面进行投影，所得到的视图称为斜视图。

斜视图适合于表达机件上斜表面的实形。例如图 5–5 所示是一个弯板形机件，它的倾斜部分在俯视图和左视图上的投影都不是实形。此时就可以另外加一个平行于该倾斜部分的投影面，在该投影面上则可以画出倾斜部分的实形投影，如图 5–5 中的 *A* 向视图所示。

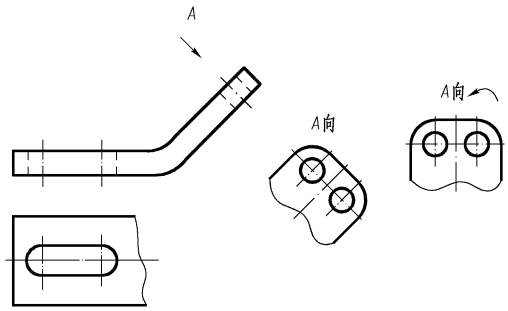


图 5–5　斜视图

2. 画斜视图时的注意事项

① 斜视图的标注方法与局部视图相似，并且应尽可能配置在与基本视图直接保持投影关系的位置上，也可以平移到图纸内的适当地方。为了画图方便，还可以旋转，但必须在斜视图上方注明旋转标记，如图 5–5 所示。

② 画斜视图时增设的投影面只垂直于一个基本投影面，因此，机件上原来平行于基本投影面的一些结构，在斜视图中最好以波浪线为界而省略不画，以避免出现失真的投影。

5.2　剖视图

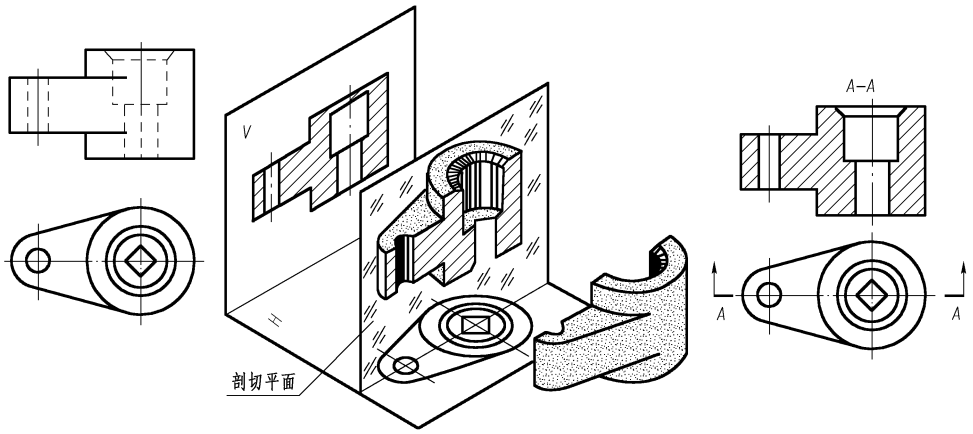
5.2.1　剖视图的基本概念

如果机件内部的结构形状较复杂，在画视图时就会出现较多的虚线，这不仅影响视图的

清晰，给看图带来困难，而且不便于画图和标注尺寸。为了清楚地表达机件内部的结构形状，在技术图样中常采用剖视图这一表达方法。

假想用一剖切平面剖开机件，然后将处在观察者和剖切平面之间的部分移去，而将其余部分向投影面投影所得的图形，称为剖视图（简称剖视）。

例如，如图5-6（a）所示的机件，在主视图中，用虚线表达其内部结构，不够清晰。可采用剖视图表达，如图5-6（b）所示。



(a) 主视图和俯视图　　(b) 剖视图

图5-6　剖视概念

5.2.2　剖视图的画法

画剖视图时，首先要选择适当的剖切位置，使剖切平面尽量通过较多的内部结构（孔、槽等）的轴线或对称平面，并平行于选定的投影面。例如，在图5-6（b）中，以机件的前后对称平面为剖切平面。

其次，内外轮廓要画齐。机件剖开后，处在剖切平面之后的所有可见轮廓线都应画齐，不得遗漏。

最后要画上剖面符号。在剖视图中，凡是被剖切的部分应画上剖面符号。表5-1列出了由国家标准《机械制图》规定的常见材料的剖面符号。

表5-1　常见材料的剖面符号

材　料	剖面符号	材　料	剖面符号
金属材料（已有规定剖面符号者除外）		线圈绕组元件	
非金属材料（已有规定剖面符号者除外）		木质胶合板（不分层数）	

续表

材　料		剖面符号	材　料	剖面符号
转子、电枢、变压器和电抗器等的叠钢片			混凝土	
型砂、填砂、粉末冶金、砂轮、陶瓷刀片、硬质合金刀片等			钢筋混凝土	
玻璃及供观察用的其他透明材料			格网（筛网、过滤网等）	
木材	纵剖面		液体	
	横剖面			

金属材料的剖面符号，应画成与水平方向呈 45°的互相平行、间隔均匀的细实线。同一机件各个视图的剖面符号应相同。但是如果图形的主要轮廓线与水平方向成 45°角或接近 45°时，该图剖面线应画成与水平方向成 30°或 60°角，其倾斜方向仍应与其他视图的剖面线一致，如图 5-7 所示。

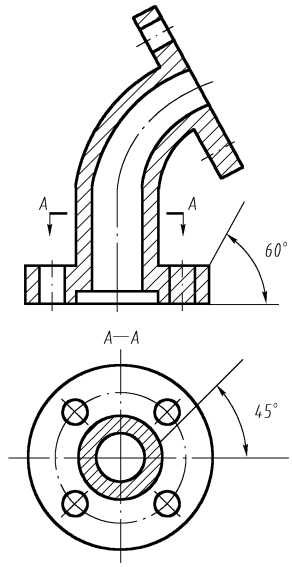


图 5-7　剖面线的画法

5.2.3　剖视图的标注

剖视图的标注一般应该包括三部分：剖切平面的位置、投影方向和剖视图的名称。

在剖视图中用剖切符号（即粗短线）标明剖切平面的位置，并写上字母，用箭头指明投影方向。在剖视图上方用相同的字母标出剖视图的名称，如图 5-6（b）、图 5-7 所示。

5.2.4　画剖视图应注意的问题

① 剖视只是一种表达机件内部结构的方法，并不是真正剖开和拿走一部分。因此，除剖视图以外，其他视图要按原来形状画出。

② 剖视图中一般不画虚线，但如果画少量虚线可以减少视图数量，而又不影响剖视图的清晰，也可以画出这种虚线。

③ 机件剖开后，凡是看得见的轮廓线都应画出，不能遗漏。要仔细分析剖切平面后面的结构形状，分析有关视图的投影特点，以免画错。

对比图 5-8 中的各图形，注意区别它们的不同之处。

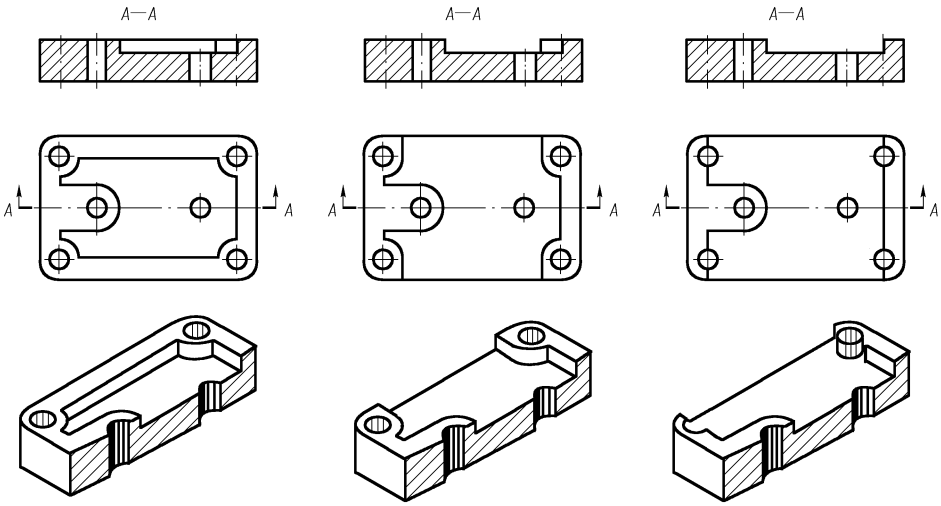


图 5-8　剖视图

5.2.5　剖视图的分类

1. 全剖视图

（1）概念

用剖切平面，将机件全部剖开后进行投影所得到的剖视图，称为全剖视图（简称全剖视）。例如，图 5-9 中的主视图和左视图均为全剖视图。

（2）应用

全剖视图一般用于表达外部形状比较简单、内部结构比较复杂的机件。

（3）标注

当剖切平面通过机件的对称（或基本对称）平面，且全剖视图按投影关系配置，中间又无其他视图隔开时，可以省略标注，如图 5-9 中的主视图。否则必须按规定方法标注，如图 5-9 中的左视图。

2. 半剖视图

（1）概念

当机件具有对称平面时，以对称中心线为界，在垂直于对称平面的投影面上进行投影，所得到的由半个剖视图和半个视图合并组成的图形称为半剖视图。

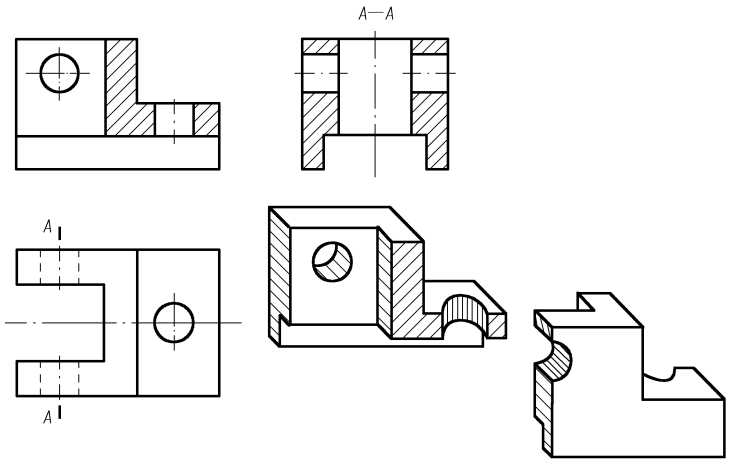


图 5-9　全剖视图

（2）应用

半剖视图既充分地表达了机件的内部结构，又保留了机件的外部形状，因此它具有内外兼顾的特点。但半剖视图只适宜于表达对称的或基本对称的机件。

（3）标注

半剖视图的标注方法与全剖视图相同。例如，图 5-10 所示的机件前后对称，图中主视图所采用的剖切平面通过机件的前后对称平面，所以不需要标注；而俯视图所采用的剖切平面并非通过机件的对称平面，所以必须标出剖切位置和名称，但箭头可以省略。

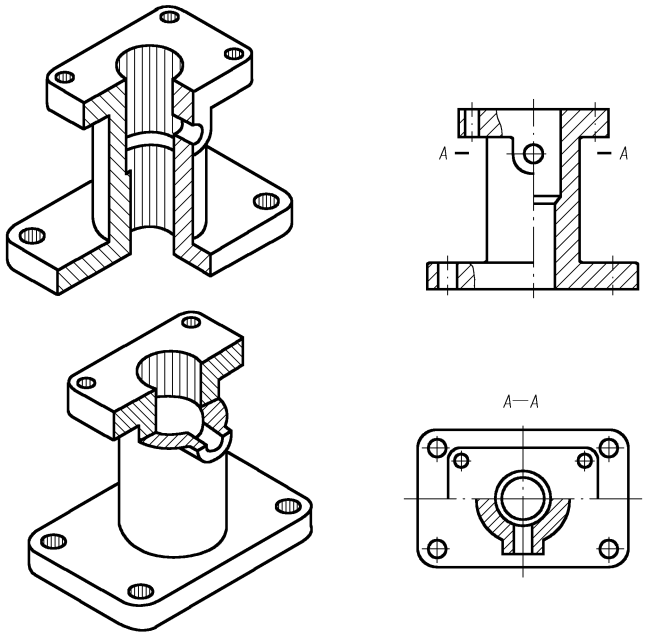
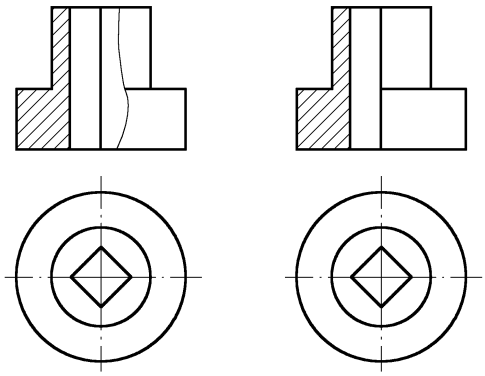


图 5-10　半剖视图的标注

（4）画半剖视图时的注意问题：

① 具有对称平面的机件，在垂直于对称平面的投影面上，才宜采用半剖视。如机件的形状接近于对称，而不对称部分已另有视图表达，也可以采用半剖视。

② 半个剖视和半个视图必须以细点画线为界。如果作为分界线的细点画线刚好和轮廓线重合，则应避免使用，如图 5-11（b）所示。此时可采用后述的局部剖视图，如图 5-11（a）所示。



(a) 采用局部剖视图　　(b) 分界线与轮廓线重合

图 5-11　半剖视图的分界线

3. 局部剖视图

（1）概念

将机件局部剖开后进行投影得到的剖视图称为局部剖视图。局部剖视图也是在同一视图上，同时表达出内外形状的方法，并且用波浪线作为剖视图与视图的分界线。

（2）应用

局部剖视是一种较灵活的表达方法，剖切范围根据实际需要决定。但使用时要考虑到看图方便，剖切不要过于零碎。它常用于下列两种情况：

① 机件只有局部内形要表达，而又不必或不宜采用全剖视图时。

② 不对称机件需要同时表达其内外形状时。

（3）波浪线的画法

用波浪线作为视图与剖视图的分界线，可看成机件断裂痕迹的投影，波浪线的画法应注意以下几点：

① 波浪线不能超出图形轮廓线，如图 5-12 所示。

② 波浪线不能穿孔而过，如遇到孔、槽等结构时，波浪线必须断开，如图 5-12 所示。

③ 波浪线不能与图形中任何图线重合，也不能用其他线代替或画在其他线的延长线上，如图 5-13 所示。

④ 当被剖切部位的局部结构为回转体时，允许将该结构的中心线作为局部剖视图与视图的分界线，如图 5-14 所示的拉杆的局部剖视图。

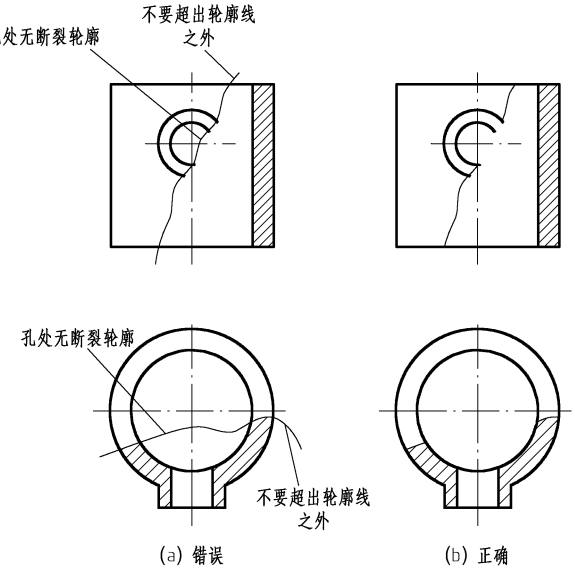


图 5-12　局部剖视图波浪线的画法

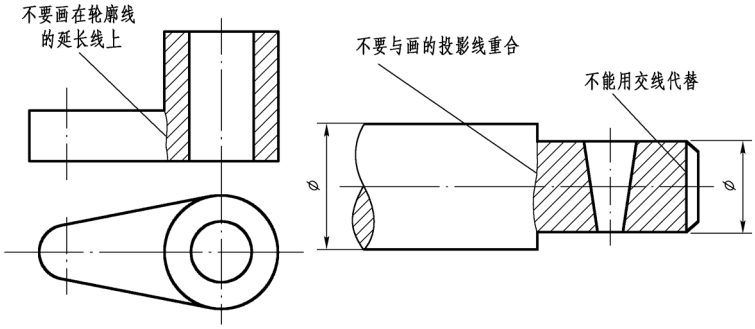


图 5-13　波浪线的错误画法

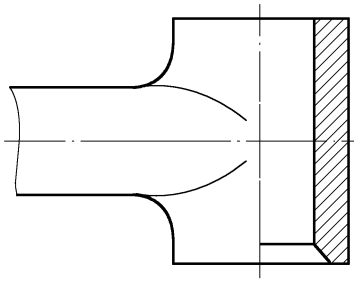


图 5-14　用回转体中心线作为分界线

（4）局部剖视图的标注

局部剖视图的标注方法和全剖视图相同。但一般局部剖视图的剖切位置非常明显，所以可以不标注。

5.2.6 剖切方法

生产中的机件，由于内部结构形状各不相同，剖切时常采用不同位置和不同数量的剖切面。为此，国家标准规定可以选择下列三种剖切面剖开机件。

- 单一剖切面。
- 几个平行的剖切面。
- 几个相交的剖切面（交线垂直于某一投影面）。

不论采用哪种剖切面剖开机件，都可以得到全剖视图、半剖视图和局部剖视图。应根据机件的结构特点，恰当地选用剖切面。

当选择不同剖切面时，得到的剖视图可给予相应的名称，主要包括阶梯剖视图、旋转剖视图、斜剖视图和复合剖视图。下面一一介绍。

1. 阶梯剖视图

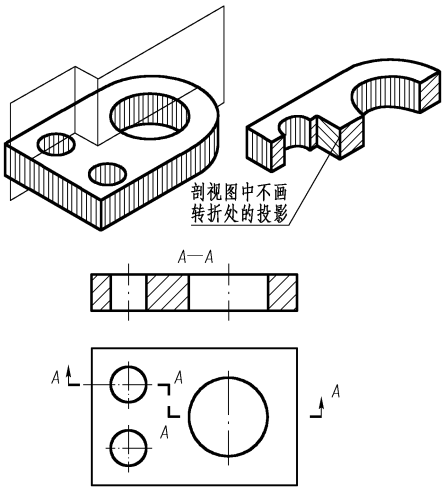


图 5-15　阶梯剖视图

（1）概念

用两个或多个互相平行的剖切平面把机件剖开的方法，称为阶梯剖，所画出的剖视图，称为阶梯剖视图。

（2）应用

阶剃剖视图适宜于表达机件内部结构的中心线排列在两个或多个互相平行的平面内的情况。

如图 5-15 所示，机件内部结构（小孔和大孔）的中心位于两个平行的平面内，不能用单一剖切平面剖开，而是采用两个互相平行的剖切平面将其剖开，主视图即为采用阶梯剖方法得到的阶梯剖视图。

（3）画阶梯剖视图时应注意的问题

① 为了表达孔、槽等内部结构的实形，几个剖切平面应同时平行于同一个基本投影面。

② 两个剖切平面的转折处，不能画分界线。当它们在剖视图上有共同的对称中心线和轴线时，也可以各画一半，这时细点画线就是分界线，如图 5-16 所示。

③ 阶梯剖视必须标注。在剖切平面迹线的起始、转折和终止的地方，用剖切符号（即粗短线）表示它的位置，并写上相同的字母；在剖切符号两端用箭头表示投影方向（如果剖视图按投影关系配置，中间又无其他图形隔开，可省略箭头），在剖视图上方用相同的字母标出名称。

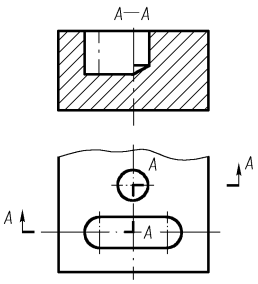


图 5-16　用细点画线作为分界线

采用几个平行的剖切平面，也可获得局部剖视图或半剖视图，如图 5-17 与图 5-18 所示。

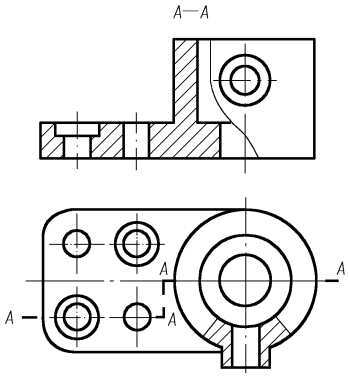


图 5-17　用平行剖切平面获得局部剖视图

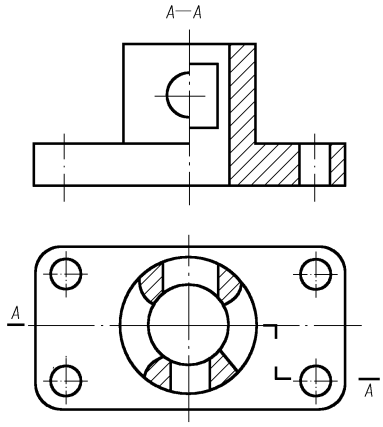


图 5-18　用平行剖切平面获得半剖视图

2. 旋转剖视图

（1）概念

用两个相交的剖切平面（交线垂直于某一基本投影面）剖开机件的方法称为旋转剖，所画出的剖视图，称为旋转剖视图。

（2）应用

如果机件内部的结构形状仅用一个剖切面不能完全表达，而且这个机件又具有较明显的主体回转轴，可采用旋转剖。

如图 5-19 所示的法兰盘，它中间的大圆孔和均匀分布在四周的小圆孔都需要剖开表示，如果用相交于法兰盘轴线的侧平面和正垂面去剖切，并将位于正垂面上的剖切面绕轴线旋转到和侧面平行的位置，这样画出的剖视图就是旋转剖视图。

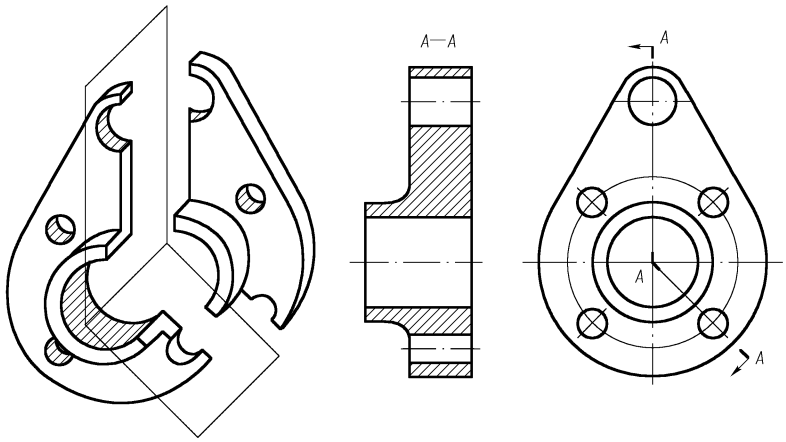


图 5-19　法兰盘

如图 5-20 所示的摇臂，也可以用旋转剖视表达。

（3）画旋转剖视图时应注意的问题

① 倾斜的平面必须旋转到与选定的基本投影面平行，以使投影能够表达实形。但剖切

平面后面的结构，一般应按原来的位置画出它的投影，如图 5-20 中处于剖切平面下方的小孔。

② 旋转剖视图必须标注，标注方法与阶梯剖视图相同。

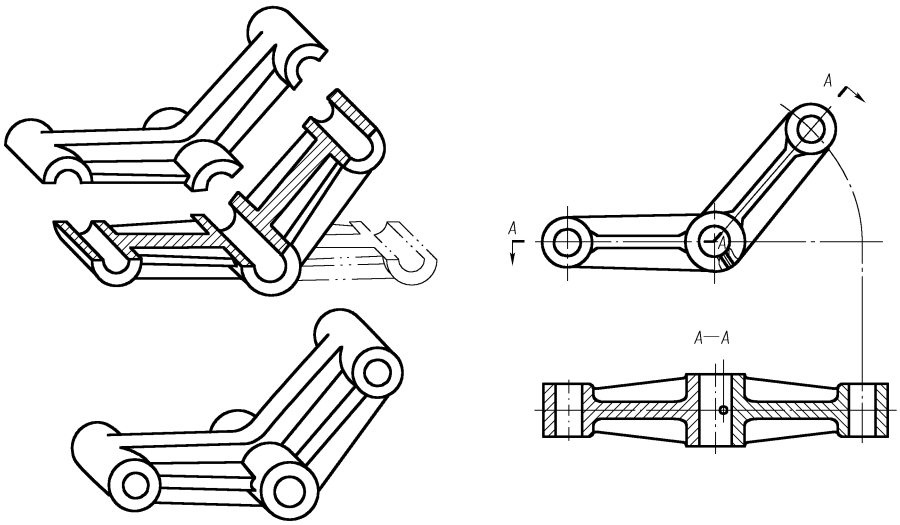


图 5-20　摇臂

3. 斜剖视图

（1）概念

用不平行于任何基本投影面的剖切平面剖开机件的方法称为斜剖，所画出的剖视图，称为斜剖视图。

（2）应用

斜剖视图适用于机件的倾斜部分需要剖开以表达内部实形的时候。

如图 5-21 所示，机件的基本轴线与底板不垂直。为了清晰表达弯板的外形和小孔等结构，宜用斜剖视图表达。此时用平行于弯板的剖切面 $B-B$ 剖开机件，然后在辅助投影面上求出剖切部分的投影即可。一般应按投影方向配置，也可配置在其他地方，但必须标注清楚。

4. 复合剖视图

（1）概念

当机件的内部结构比较复杂，用单纯的阶梯剖或旋转剖仍不能完全表达清楚时，可以采用以上几种剖切方法的组合来剖开机件，这种剖切方法，称为复合剖，所画出的剖视图，称为复合剖视图。

（2）应用

如图 5-22 所示的机件，为了在一个图上表达各孔、槽的结构，便采用了复合剖视，应特别注意复合剖视图中的标注方法。

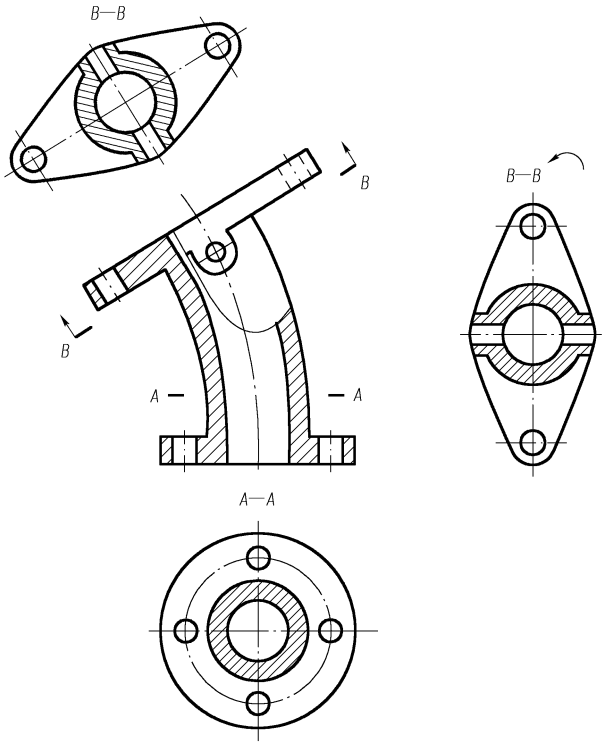


图 5-21　斜剖视图

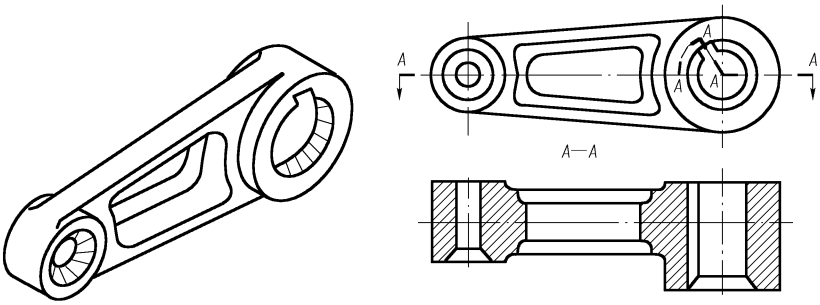


图 5-22　复合剖视图

5.3　断面图

5.3.1　断面图的基本概念

假想用剖切平面将机件在某处切断，只画出切断面形状的投影并画上规定的剖面符号的图形，称为断面图，简称为断面，如图 5-23 所示。

断面图仅画出机件断面的图形，而剖视图则要画出剖切平面后的所有部分投影。试比较图 5-24 中（即图 5-23 左边键槽处）断面图和剖视图的区别。

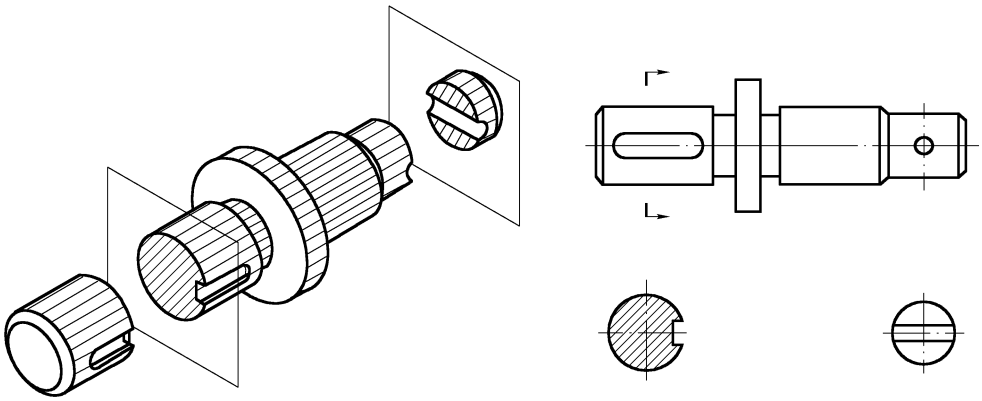
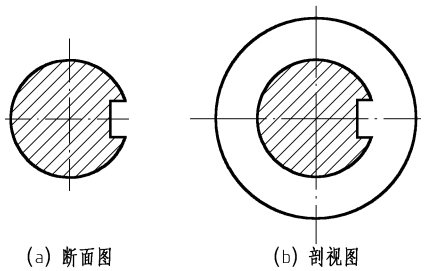


图 5-23　断面图



(a) 断面图　　(b) 剖视图

图 5-24　断面图与剖视图的区别

5.3.2　断面图的分类

国家标准规定，按所画的位置不同，断面图可分为移出断面图和重合断面图两种。

1. 移出断面图

（1）概念

画在视图轮廓之外的断面图称为移出断面图。如图 5-23 所示的断面图即为移出断面图。

（2）移出断面图的标注

移出断面图的标注见表 5-2。

（3）移出断面图画法要点

① 移出断面的轮廓线用粗实线画出，断面上画出剖面符号。移出断面应尽量配置在剖切平面的延长线上，必要时也可以画在图纸的适当位置，但必须标注清楚。

② 当剖切平面通过由回转面形成的圆孔、圆锥坑等结构的轴线时，这些结构应按剖视画出，如图 5-25 所示。

③ 当剖切平面通过非回转面，会导致出现完全分离的断面时，这样的结构也应按剖视画出，如图 5-25 所示。

表 5-2　移出断面图的标注

标注方法	图　例
移出断面图一般应标注断面图的名称“×－×”（“×”为大写拉丁字母），在相应视图上用剖切符号表示剖切位置和投射方向，并标注相同字母	A　A—A　A
配置在剖切线延长线上的移出断面，均可省略字母	
对称的移出断面、按投影关系配置的移出断面，均可省略箭头	A　A—A　A
配置在剖切线延长线上对称的移出断面，以及配置在视图中断处对称的移出断面均不必标注	

2. 重合断面图

（1）概念

画在视图轮廓之内的断面图称为重合断面图，如图 5-26 所示。

（2）重合断面图的标注

当重合断面为不对称图形时，须标注其剖切位置和投影方向，如图 5-26（a）所示。当重合断面为对称图形时，一般不必标注，如图 5-26（b）和图 5-26（c）所示。

（3）重合断面图画法要点

为了使图形清晰，避免与视图中的线条混淆，重合断面的轮廓线用细实线画出。当重合断面的轮廓线与视图的轮廓线重合时，仍按视图的轮廓线画出，不应中断，如图 5-26（a）所示。

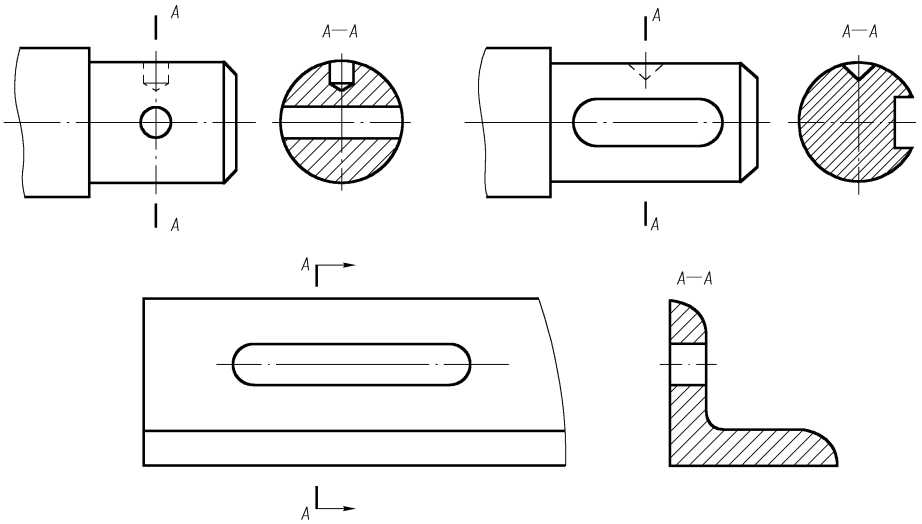
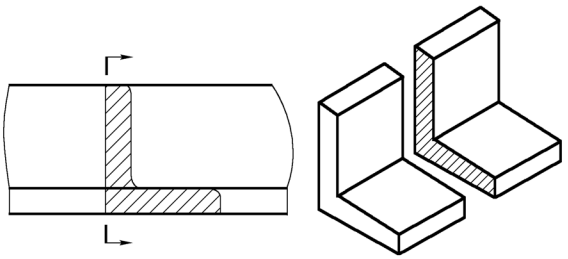
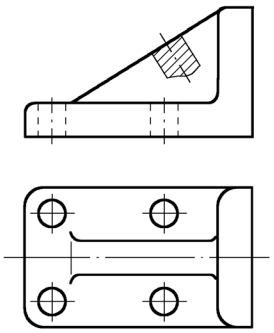


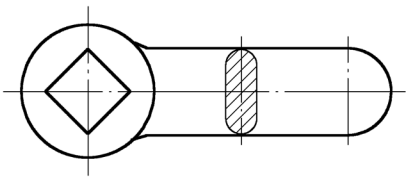
图 5-25　移出断面图的画法



(a) 重合断面为不对称图形



(b) 重合断面为对称图形且轮廓线与视图轮廓线重合



(c) 重合断面为对称图形

图 5-26　重合断面图

5.4　其他表达方法

5.4.1　局部放大图

1. 概念

当机件上某些细小结构在视图中表达得还不够清楚，或者不便于标注尺寸时，可将这些部分用大于原图形所采用的比例画出，这种图称为局部放大图。

2. 标注

局部放大图必须标注，标注方法是在视图上画一细实线圆，标明放大部位，在放大图的上方注明所用的比例，即图形大小与实物大小之比（与原图上的比例无关），如果放大图不止一个，还要用罗马数字编号以示区别，如图 5-27 所示。

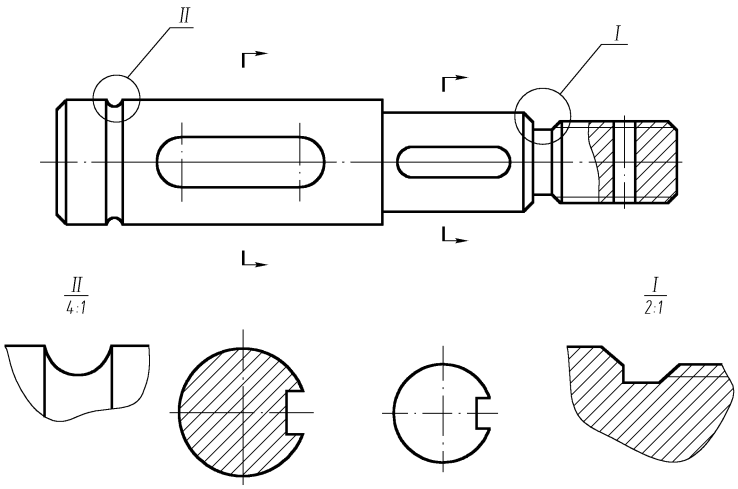


图 5-27　局部放大图

注意：局部放大图可画成视图、剖视图、断面图，它与被放大部位的表达方法无关。局部放大图应尽量配置在被放大部位的附近。

5.4.2　有关肋板、轮辐等结构的画法

机件上的肋板、轮辐及薄壁等结构，如纵向剖切则不画剖面符号，而且用粗实线将它们与其相邻结构分开，如图 5-28 所示。

回转体上均匀分布的肋板、轮辐、孔等结构不处于剖切平面上时，可将这些结构假想旋转到剖切平面上再画出，如图 5-29 所示。

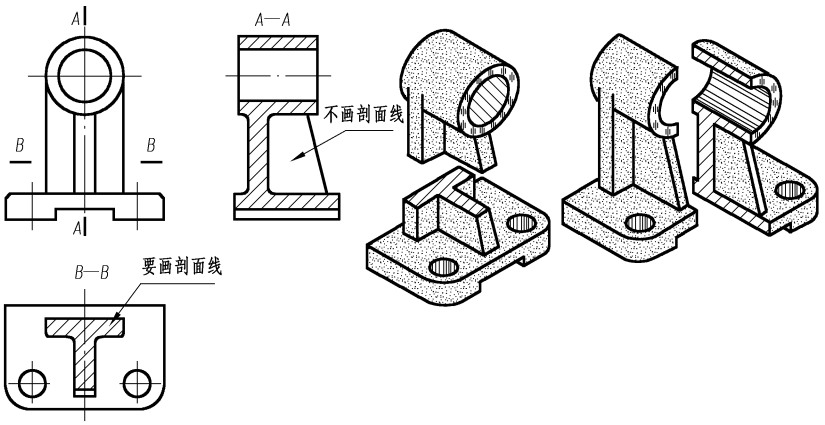


图 5-28　肋板与轮幅结构的画法

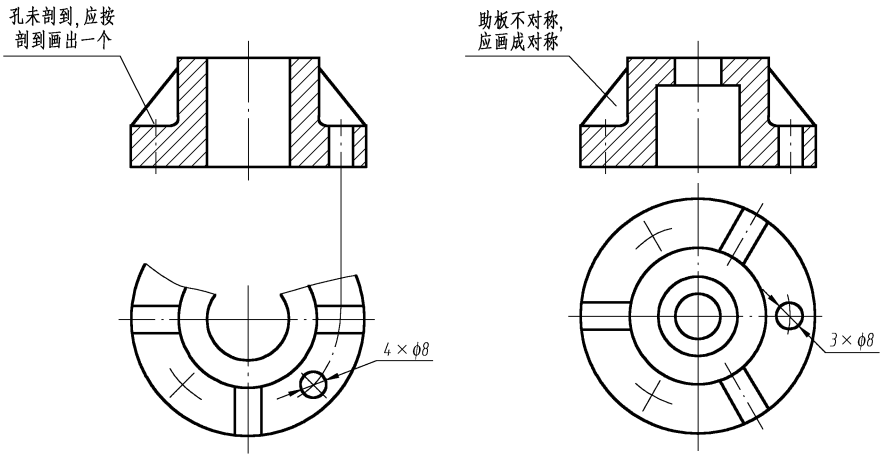


图 5-29　回转体上均匀分布的肋板与轮幅结构的画法

5.4.3　相同结构的简化画法

当机件上具有若干相同结构（齿、槽、孔等），并按一定规律分布时，只要画出几个完整结构，其余用细实线相连或标明中心位置，并注明总数，如图 5-30 所示。

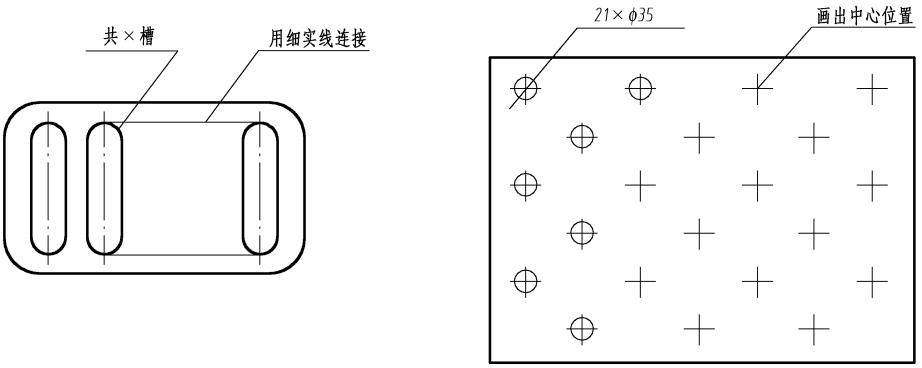


图 5-30　相同结构的简化画法

5.4.4　较长机件的折断画法

较长的机件（轴、杆、型材等），沿长度方向的形状一致或按一定规律变化时，可断开缩短绘制，但必须按原来的实长标注尺寸，如图 5-31 所示。

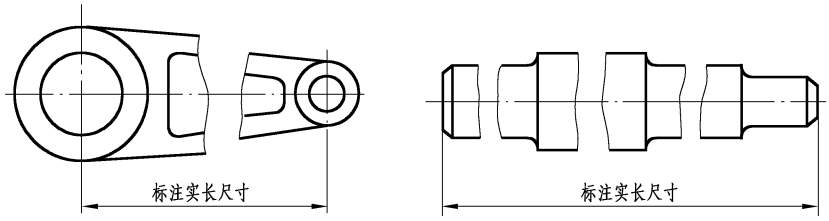


图 5-31　折断画法

机件断裂边缘常用波浪线画出，圆柱断裂边缘常用花瓣形画出，如图 5-32 所示。

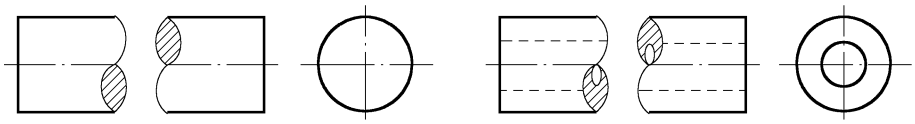


图 5-32　断裂边缘画法

5.4.5　较小结构的简化画法

机件上较小的结构，如在一个图形中已表示清楚，则在其他图形中可以简化或省略。在不致引起误解时，图形中的相贯线允许简化，如用圆弧或直线代替非圆曲线，如图 5-33 所示。

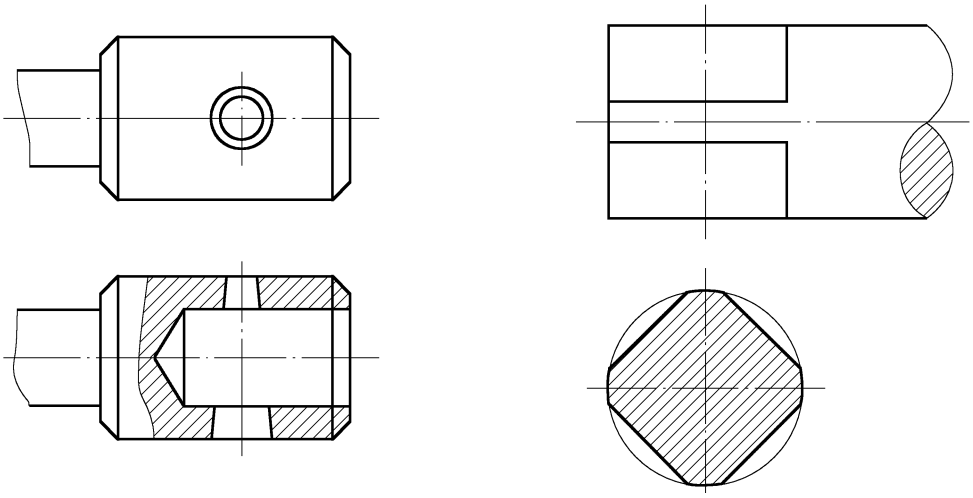
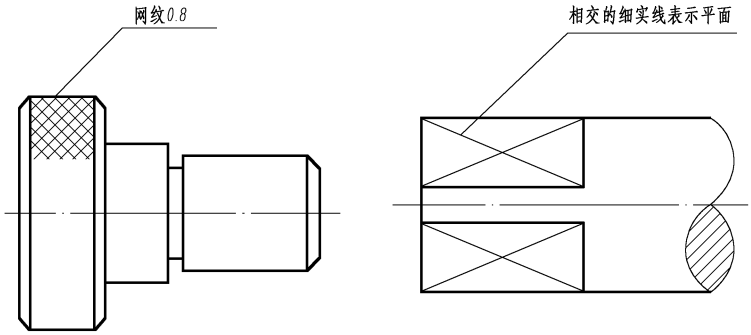


图 5-33　较小结构的简化画法

5.4.6　某些结构的示意画法

网状物、编织物或机件上的滚花部分，可在轮廓线附近用细实线示意画出，并标明其具体要求，如图 5-34（a）所示。

当图形不能充分表达平面时，可以用平面符号（相交细实线）表示，如图 5-34（b）所示。



(a) 网纹　　(b) 平面符号

图 5-34　示意画法

5.4.7　对称机件的简化画法

在不致引起误解时，对称机件的视图可以只画一半或 1/4，并在对称中心线的两端画出两条与其垂直的平行细实线，如图 5-35 所示。

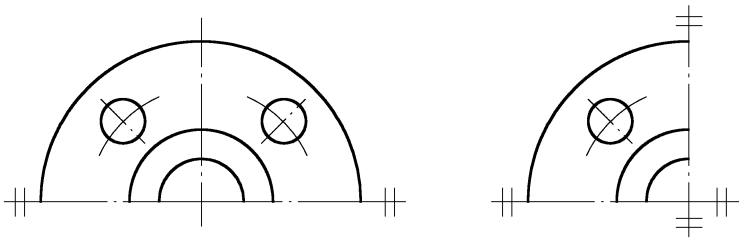


图 5-35　对称机件的简化画法

5.4.8　允许省略剖面符号的移出断面

在不致引起误解时，零件图中的移出断面，允许省略剖面符号，但剖切位置和断面图的标注，必须按规定的方法标出，如图 5-36 所示。

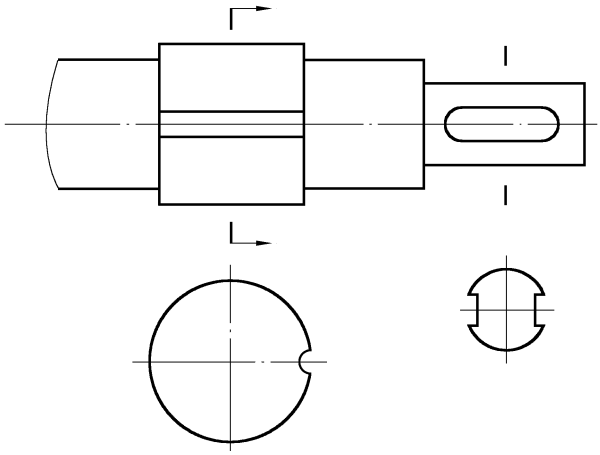


图 5-36　省略剖面符号的移出断面

第6章 标准件和常用件

【学习目标】

- 了解各种常用件的概念、种类及作用，并掌握它们的规定画法和标记方法。
- 熟练掌握螺纹、螺纹连接的规定画法及标注。
- 懂得模数的意义，熟练掌握直齿圆柱齿轮及其规定画法。

【教学目标】

- 知识目标：学会螺纹、螺纹连接件、齿轮、键、销及滚动轴承等常用件的规定画法和标记方法。
- 能力目标：通过学习和应用常用件的规定画法和标记方法，培养识读常用件零件图的能力，同时为识读装配图打下必要的基础。

【教学重点】

螺纹和齿轮的规定画法及标注。

【教学难点】

螺纹及螺纹连接的画法。

【教学方法】

讲解法、分析法、演示法、练习法。

各种机器、设备中应用广泛的螺栓、螺母、齿轮、滚动轴承、键、销等零件一般统称为常用件。其中，将结构尺寸全部标准化的零部件统称为标准件，如螺栓、螺母、键、销、滚动轴承等。标准件的参数可查阅本书后面相关的附录表。

在绘制这些常用件的图样时，为了提高绘图效率，国家标准对几种常用件及标准结构要素规定了特殊表示法（包括画法和注法）。本章就几种常用件的画法、标记规定及有关基本知识分别加以介绍。

6.1 螺纹

6.1.1 螺纹的形成

螺纹是指在圆柱或圆锥表面上，沿螺旋线所形成的具有规定牙型（如三角形、梯形、

锯齿形等）的连续凸起（凸起是指螺纹两侧面间的实体部分，又称牙）。

工厂一般采用车床来车削加工螺纹。图 6-1 为车削螺纹的示意图，圆柱形工件夹在车床卡盘上绕轴线等速旋转，刀具沿轴线方向等速移动即可车出螺纹。单件小批量生产时，也可用板牙加工外螺纹，用丝锥攻制内螺纹。

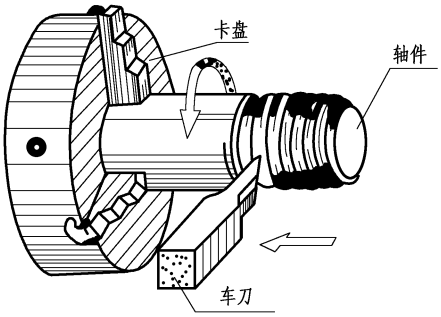


图 6-1　车削螺纹

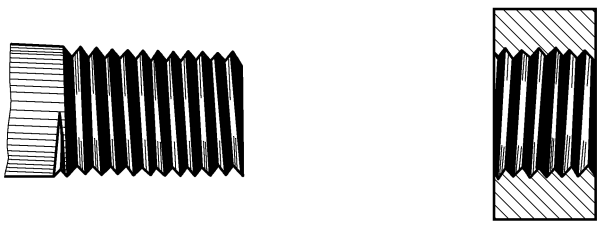
6.1.2　螺纹的种类

螺纹按其用途可分为 4 类，分别是紧固（连接）螺纹、传动螺纹、管螺纹和专门用途螺纹。

此外，螺纹还可按牙型分为三角形螺纹、矩形螺纹、梯形螺纹、锯齿形螺纹和圆形螺纹 5 种，按螺纹的标准化程度分为标准螺纹和非标准螺纹。

6.1.3　螺纹的基本要素

螺纹在圆柱或圆锥的外表面上称为外螺纹，如图 6-2（a）所示。螺纹在圆柱或圆锥的内表面上称为内螺纹，如图 6-2（b）所示。内、外螺纹配合时，基本要素必须相同。



(a) 外螺纹　　(b) 内螺纹

图 6-2　外螺纹和内螺纹

1. 螺纹的牙型

螺纹的牙型是指通过螺纹轴线的断面上所得到的轮廓形状。牙型不同的螺纹，其用途也各不相同。一般情况下，三角形螺纹用于连接，其他螺纹用于传动。如图 6-3 所示为三角形螺纹的牙型。

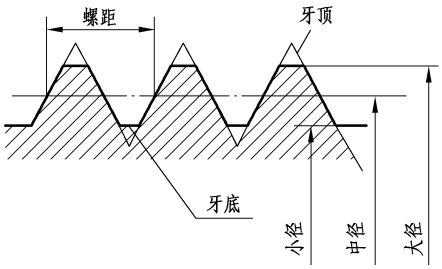


图 6-3　三角形螺纹的牙型

2. 螺纹的直径

螺纹的直径有大径、中径和小径之分。

① 大径是与外螺纹牙顶或内螺纹牙底相重合的假想圆柱面的直径，通常又称为公称直

径，分别用 D、d 表示内、外螺纹的大径。

② 小径是与外螺纹牙底或内螺纹牙顶相重合的假想圆柱面的直径，分别用 D_1、d_1 表示内外螺纹的小径。

③ 中径是一个假想圆柱的直径。该圆柱的母线通过牙型上的沟槽和凸起宽度相等的地方，分别用 D_2、d_2 表示内、外螺纹的中径。

3. 螺纹的导程与螺距

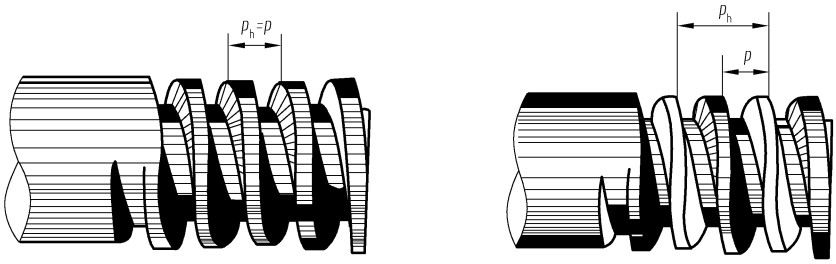
导程是同一条螺旋线上相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离，用 P_h 表示。

螺距是相邻两牙在中径线上对应两点间的轴向距离，用 P 表示。

4. 线数

螺纹的线数（用 n 表示）是指形成螺旋线的条数。沿一条螺旋线形成的螺纹称为单线螺纹，如图 6-4（a）所示。沿两条或两条以上螺旋线形成的螺纹称为多线螺纹，如图 6-4（b）所示。线数与螺距、导程之间的关系如下：

$$螺距 = \frac{导程}{线数}$$

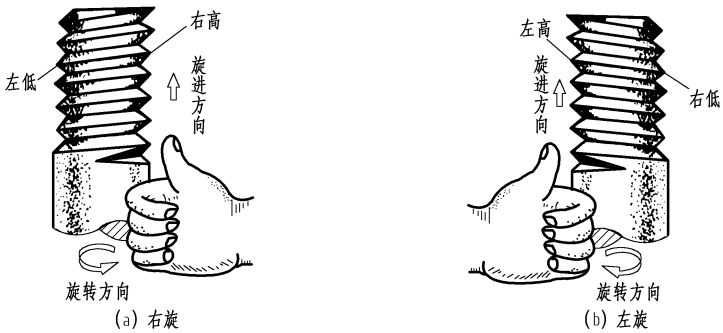


(a) 单线螺纹　　(b) 多线螺纹

图 6-4　单线与多线螺纹

5. 螺纹的旋向

螺纹按旋进的方向不同，可分为右旋螺纹（如图 6-5（a）所示）和左旋螺纹（如图 6-5（b）所示）两种。常用右手来判断，手心向着自己，四指为轴线方向，拇指为螺旋线方向，若螺旋线方向与拇指方向相同则为右旋螺纹，相反则为左旋螺纹。



(a) 右旋　　(b) 左旋

图 6-5　螺纹的旋向

6.1.4 螺纹的规定画法

螺纹一般不按真实投影作图，而是采用规定画法以简化作图过程，如图 6-6 所示。

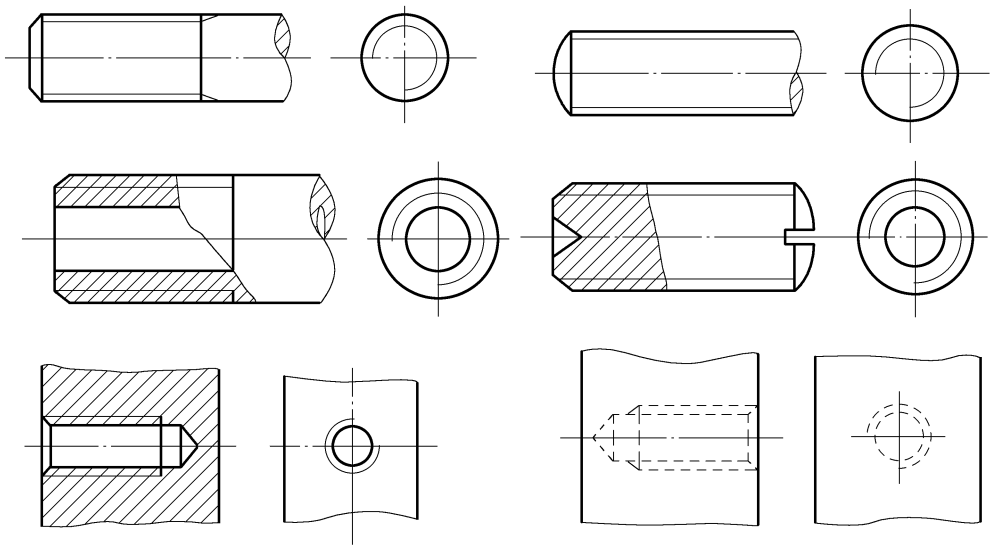


图 6-6 螺纹的画法

螺纹牙顶圆的投影用粗实线画，牙底圆的投影用细实线画，螺杆的倒角和倒圆都要画出。在垂直于螺纹轴线的投影图中，表示牙底圆的细实线只画 3/4，空出部分的位置没有规定。螺纹终止线用粗实线画。不可见螺纹的所有图线都用虚线表示。

螺尾部分一般不画，必须画时，一般用与轴线成 30°角的细实线画出。螺纹在剖视或断面图中的剖面线都应画到粗实线。

绘制不穿通的螺孔时，一般应将钻孔深度与螺纹部分的深度分别画出。

当需要表示螺纹牙型时，可按局部剖视或局部放大图表示，如图 6-7 所示。

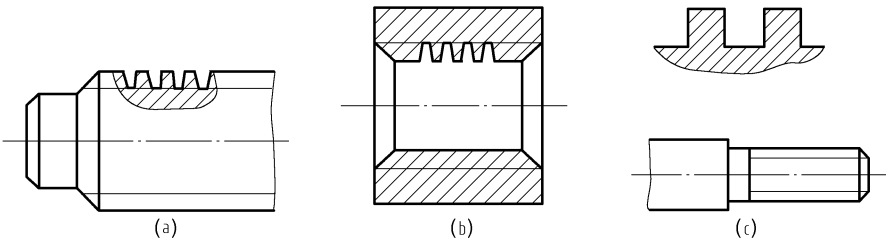


图 6-7 螺纹牙型的表示方法

以剖视图表示内外螺纹的连接时，其旋合部分应按外螺纹的画法绘制，其他部分按各自的画法绘制，如图 6-8 所示。

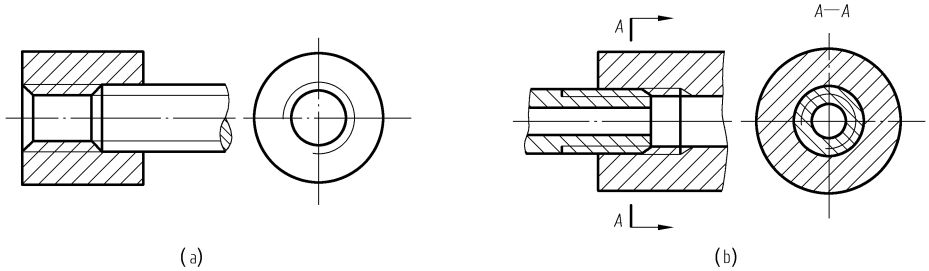


图 6-8　螺纹连接的画法

6.1.5　螺纹的标注规定

1. 常用螺纹的标记

常用螺纹的标记方法如下：

螺纹代号	公称直径	螺距	旋向	公差带代号	旋合长度代号

其中，粗牙螺纹不标螺距，右旋时不注旋向；中径和顶径公差带代号相同时只注一次；旋合长度共分为三组，即长（L）、短（S）和中等（N），中等旋合长度可省略标注。

各种常用标准螺纹的标记见表 6-1。其中，梯形螺纹和锯齿形螺纹为多线螺纹时，螺距应注在括弧中，并冠以字母“P”，括弧前注写导程。

表 6-1　常用标准螺纹的标记

螺纹类别		标准编号	特征代号	标记示例	螺纹副标记示例	说明
普通螺纹		GB/T 197—2003	M	M10－5g6g－s M20×2LH－6H	M20×2LH－6H/6g	普通螺纹粗牙不注螺距，中等旋合长度不标 N（以下同）
梯形螺纹		GB/T 5796.4—2005	Tr	Tr40×7－7H Tr40×14（P7）LH－7e	Tr36×6－7H/7e	公差带代号只指中径的公差带，无短旋合长度
55°非密封管螺纹		GB/T 7307—2001	G	G1 1/2A G1/2－LH	G1 1/2AG1 1/2A	外螺纹公差等级分 A 级和 B 级两种，内螺纹公差等级只有一种
55°密封管螺纹	圆柱外螺纹	GB/T 7306.1—2000	R_1	$R_1$3	$R_p/R_1$3	内、外螺纹均只有一种公差带，故不注；表示螺纹副时，尺寸代号只注写一次
	圆柱内螺纹		R_p	R_p 1/2		
	圆锥外螺纹	GB/T 7306.2—2000	R_2	R_2 3/4	$R_c/R_2$3/4	
	圆锥内螺纹		R_c	R_c 11/2		

2. 常用螺纹及螺纹副的标注方法示例

常用螺纹及螺纹副的标注方法见表 6-2。

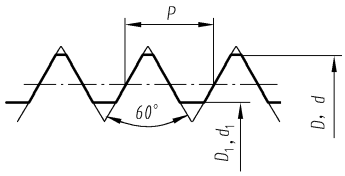
表 6-2　常用螺纹及螺纹副的标注方法

标注内容	标注示例	说　明
公称直径以 mm 为单位的螺纹标记	M20-6g　M10-6H　M16×1.5-5g6g-S　Tr32×6LH-7e	螺纹标记应直接注在大径的尺寸线上或其引出线上
管螺纹的标记	G1A　NPT 3/4-LH　R_c 1/2　R 3/4	管螺纹的标记一律注在引出线上，引出线应由大径处引出或由对称中心处引出
螺纹长度		图样中标注的螺纹长度，均为不包括螺尾在内的有效螺纹长度，否则应另加说明，或者按实际需要标注
螺纹副的标记	M14×15-6H/6g	米制螺纹的螺纹副标记的标注方法与螺纹标记的标注方法相同
	$R_c\frac{3}{8}/R\frac{3}{8}$	管螺纹标记应采用引出线，由配合部分的大径处引出标注

3. 普通螺纹、梯形螺纹的尺寸参数

普通螺纹、梯形螺纹的直径与螺距可由表 6-3、表 6-4 查得。

表 6-3　普通螺纹的直径与螺距（GB/T 193—2003、GB/T 196—2003）



标 记 示 例

公称直径 24mm，螺距 3mm 的右旋粗牙普通螺纹，其标记为 M24

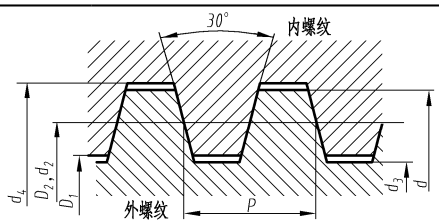
公称直径 24mm，螺距 1.5mm 的左旋细牙普通螺纹，其标记为 M24×1.5LH

mm

公称直径 D、d		螺距 P		粗牙小径 D_1、d_1	公称直径 D、d		螺距 P		粗牙小径 D_1、d_1
第一系列	第二系列	粗牙	细牙		第一系列	第二系列	粗牙	细牙	
3	—	0.5	0.35	2.459	16	—	2	1.5、1	13.835
4	—	0.7	0.5	3.242	—	18	2.5	2、1.5、1	15.294
5	—	0.8		4.134	20	—			17.294
6	—	1	0.75	4.917	—	22			19.294
8	—	1.25	1、0.75	6.647	24	—	3	2、1.5、1	20.752
10	—	1.5	1.25、1、0.75	8.376	30	—	3.5	(3)、2、1.5、1	26.211
12	—	1.75	1.5、1.25、1	10.106	36	—	4	3、2、1.5	31.670
—	14	2		11.835	—	39			34.670

注：应优先选用第一系列，括号内的尺寸尽可能不用。

表 6-4　梯形螺纹的直径与螺距（GB/T 5796.1～5796.4—2005）



标 记 示 例

公称直径 28mm，螺距 5mm，右旋的单线梯形螺纹，其标记为 Tr28×5

公称直径 28mm，导程 10mm，螺距 5mm，左旋的双线梯形螺纹，其标记为 Tr28×10（P5）LH

mm

公称直径 d		螺距 P	大径 D_4	小　径		公称直径 d		螺距 P	大径 D_4	小　径	
第一系列	第二系列			d_3	D_1	第一系列	第二系列			d_3	D_1
16	—	2	16.50	13.50	14.00	24	—	3	24.50	20.50	21.00
		4		11.50	12.00			5		18.50	19.00
—	18	2	18.50	15.50	16.00			8	25.50	15.00	16.00
		4		13.50	14.00	—	26	3	26.50	22.50	23.00
20	—	2	20.50	17.50	18.00			5		20.50	21.00
		4		15.50	16.00			8	27.50	17.00	18.00
—	22	3	22.50	18.50	19.00	28	—	3	28.50	24.50	25.00
		5		16.50	17.00			5		22.50	23.00
		8	23.50	13.50	14.00			8	29.50	19.00	20.00

6.2 螺纹紧固件及其连接的画法

6.2.1 常用螺纹紧固件的种类和标记

常用的螺纹紧固件有螺栓、螺柱、螺母、螺钉、垫圈等（如图6-9所示），它们均已为标准件。在一套完整的产品图样中，符合标准的螺纹紧固件，不需要再详细画出它们的零件图。使用时，可从相应的标准中查出所需的结构尺寸。常用螺纹紧固件的标记示例见表6-5。

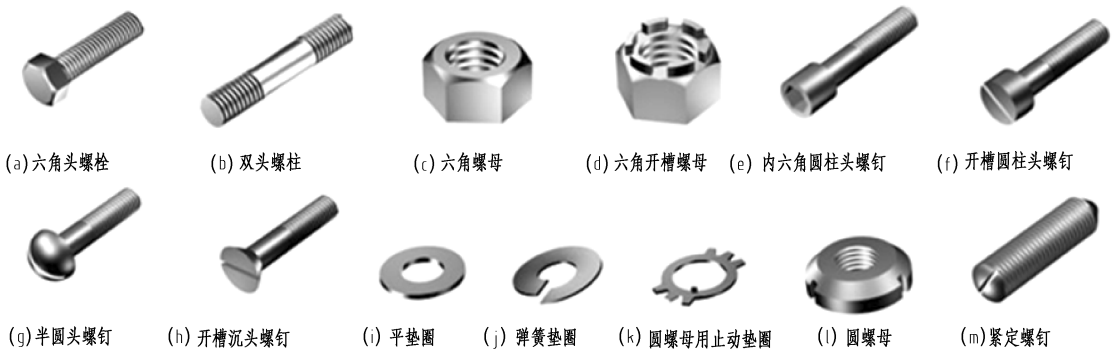


图6-9 常用的螺纹紧固件

表6-5 常用螺纹紧固件的标记示例

名 称	标记形式	标记示例	说 明
螺栓	名称 标准编号 螺纹代号×公称长度	螺栓 GB/T 5782 M8×40	螺纹规格 d=M8、公称长度 l=40mm、性能等级为8.8级、表面氧化、A级的六角螺栓
双头螺柱	名称 标准编号 螺纹代号×公称长度	螺柱 GB/T 897 M8×50	两端均为粗牙普通螺纹、螺纹规格 d=M8、公称长度 l=50mm、性能等级为4.8级、不经表面处理、B型、旋入端长度 $b_m=d$ 的双头螺柱
螺母	名称 标准编号 螺纹代号	螺母 GB/T 6170 M12	螺纹规格 D=M12、性能等级为10级、不经表面处理、A级的I型六角螺母
平垫圈	名称 标准编号 公称尺寸-性能等级	垫圈 GB/T 97.2 16-140HV	标准系列、公称尺寸 d=16mm、性能等级为140HV级、不经表面处理的平垫圈
弹簧垫圈	名称 标准编号 规格	垫圈 GB/T 93 8	规格为8mm、表面氧化的标准弹簧垫圈
螺钉	名称 标准编号 螺纹代号×公称长度	螺钉 GB/T 65 M10×40	螺纹规格 d=M10、公称长度 l=40mm、性能等级为4.8级、不经表面处理的开槽圆柱头螺钉
紧定螺钉	名称 标准编号 螺纹代号×公称长度	螺栓 GB/T 71 M8×12	螺纹规格 d=M8、公称长度 l=12mm、性能等级为14H级、表面氧化的开槽锥端紧定螺钉

6.2.2　常用螺纹紧固件及连接图画法

螺纹紧固件的连接方式一般分为螺栓连接、螺柱连接和螺钉连接。

绘制螺纹连接件一般有两种方法：

① 根据已知螺纹连接件的规格尺寸，从相应标准中查得各部分尺寸，再根据上述尺寸绘制螺栓、螺母、垫圈图。

② 常用画法是根据螺纹公称直径，按比例关系计算出各部分尺寸，近似画出螺纹连接件。

1. 螺栓连接的画法

螺栓连接用于连接两个不太厚的零件和需要经常拆卸的场合。

普通螺栓连接的画法如图 6-10 所示。

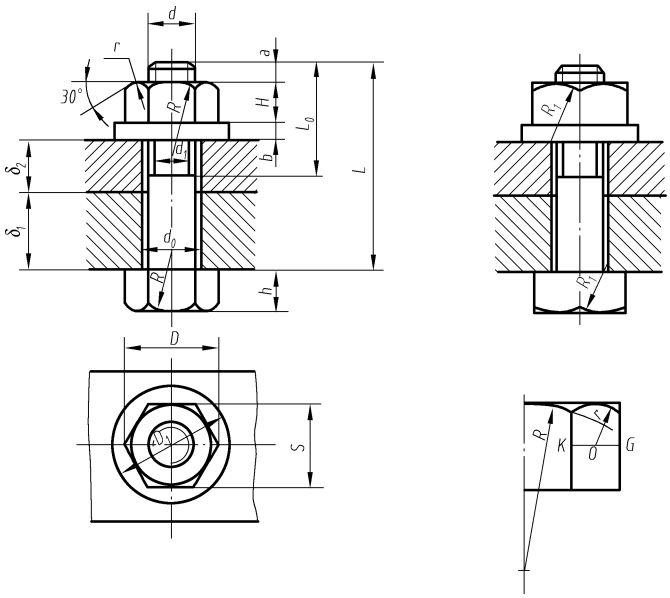


图 6-10　普通螺栓连接的画法

画图时应注意以下几个方面。

① 螺栓公称长度按下式估算：

$$L = \delta_1 + \delta_2 + b + H + a$$

$$a = (0.3 \sim 0.4)\ d$$

$$b = 0.15d$$

$$H = 0.8d$$

式中，δ_1、δ_2——被连接件的厚度。

d——螺栓的公称直径。

L——螺栓公称长度。

用上式算出的 L 值应圆整，使其符合标准规定的长度系列。

② 图中其他尺寸与 d 的比例关系如下：

$$d_0 = 1.1d$$

$$R = 1.5d$$

$$h = 0.7d$$

$$d_1 = 0.85d$$

$$L_0 = (1.5 \sim 2)\ d$$

$$D = 2d$$

$$D_1 = 2.2d$$

$$R_1 = d$$

s 、r 由作图得出。

③ 在装配图中，当剖切平面通过螺杆的轴线时，螺栓、螺柱、螺钉、螺母及垫圈等均按未剖切处理。

④ 螺纹紧固件的工艺结构，如倒角、退刀槽、缩颈、凸肩等均可省略不画。

⑤ 两被连接件的接触面只画一条直线，两个零件相邻但不接触，仍画成两条线。

⑥ 在剖视图中表示相邻两个零件时，相邻零件的剖面线必须以不同的方向或以不同的间隔画出，同一零件的各个剖面区域，其剖面线应一致。

⑦ 为了保证装配工艺合理，被连接件的光孔直径应比螺纹大径大些，一般按 $1.1d$ 画。螺纹的有效长度应画得低于光孔顶面，使 $L - L_0 < \delta_1 + \delta_2$，以便于螺母调整、拧紧，使连接可靠。

2. 双头螺柱连接的画法

该连接适用于两被连接件之一厚度较大，加工通孔有困难的场合。连接时，将双头螺柱的旋入端旋入被连接件的螺纹孔中，并使紧固端穿过较薄被连接件的通孔，再套上垫圈，用螺母拧紧。

双头螺柱连接的画法如图 6-11 所示。

画图时应注意以下几个方面。

① 双头螺柱的长度 L 按下式估算，并圆整为标准系列值。

$$L = \delta_1 + 0.15d + 0.8d + (0.3 \sim 0.4)d$$

② 双头螺柱的旋入端长度 b_m 与带螺纹孔的被连接件材料有关，选取时可参考下列条件：

对于钢铁或青铜，$b_m = d$

对于铸铁，$b_m = (1.25 \sim 1.5)\ d$

对于铝，$b_m = 2d$

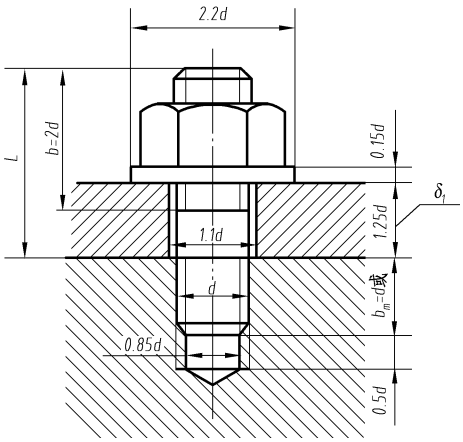


图 6-11　双头螺柱连接画法

旋入端的螺纹终止线应与结合面平齐，表示旋入端已拧紧。

③ 被连接件螺孔的螺纹深度应大于旋入端长度 b_m。一般螺孔的螺纹深度按 $b_m+0.5d$ 画出。在装配图中，不穿透的螺纹孔可不画出钻孔深度，仅按有效螺纹部分的深度画出。

④ 其余部分的画法与螺栓连接的画法相同。

3. 螺钉连接的画法

螺钉连接一般用于被连接件受力不大又不需要经常拆装的场合。

螺钉连接的画法如图 6-12 所示。

画图时应注意以下几个方面。

① 螺钉的公称长度 L 可按下式估算，并圆整成标准系列值。

$$L=\delta_1+b_m$$

② 螺纹终止线应伸出螺纹孔端面，以表示螺钉尚有拧紧的余地，而被连接件已被压紧。

③ 在垂直于螺钉轴线的视图中，螺钉头部的一字槽要偏转 45°，并采用简化的单线画出。

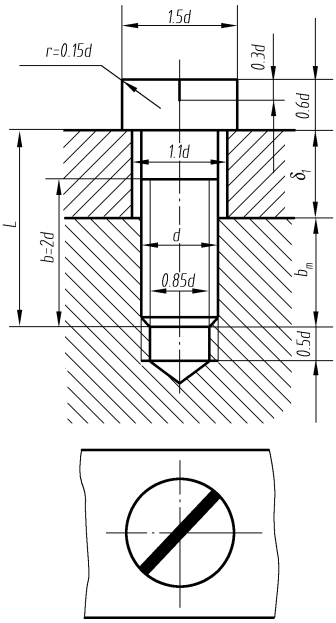
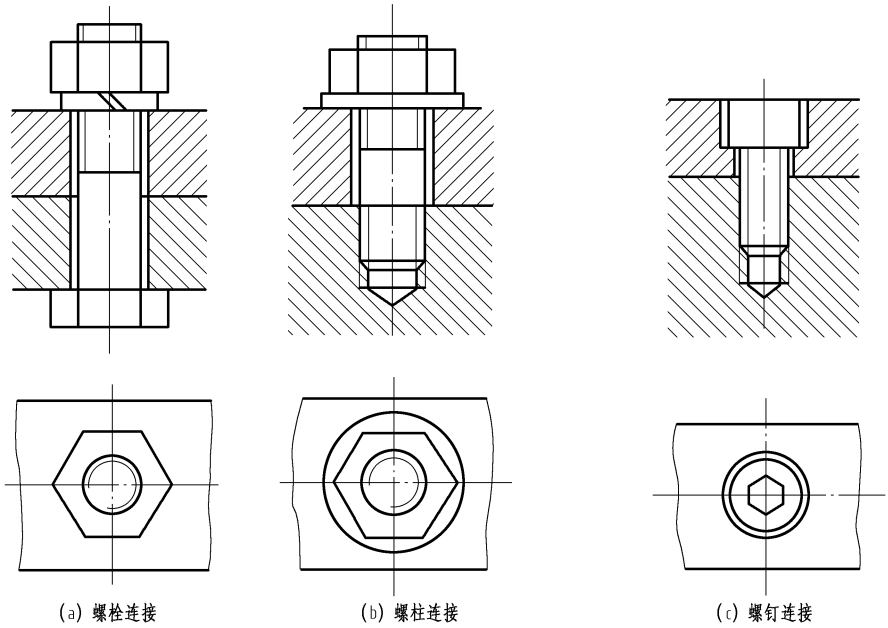


图 6-12　螺钉连接的画法

在装配图中，螺栓连接、螺柱连接和螺钉连接可根据情况采用简化画法，如图 6-13 所示。



(a) 螺栓连接　(b) 螺柱连接　(c) 螺钉连接

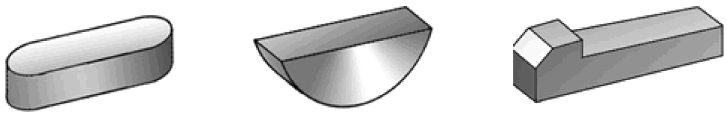
图 6-13　螺纹连接的简化画法

6.3 键连接和销连接

6.3.1 键连接

1. 常用键的种类和标记

键用来连接轴和轴上的传动件，并通过它来传递转矩。常用键主要包括普通平键、半圆键和钩头楔键（如图 6-14 所示）。

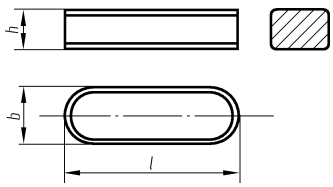
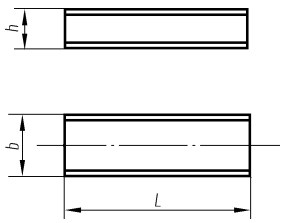
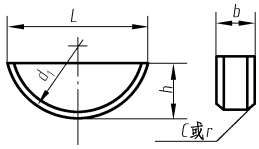


(a) 普通平键　　(b) 半圆键　　(c) 钩头楔键

图 6-14　常用键

常用键的型式、标准、画法及标记见表 6-6。

表 6-6　常用键的型式、标准、画法及标记

名　称	标　准　号	图　　样	标 记 示 例
普通平键	GB/T 1096—2003		宽度 $b=18$mm、高度 $h=11$mm、长度 $L=100$mm 的圆头普通平键（A 型）键 18×11×100 GB/T 1096—2003 A 型普通平键可省略“A”
			宽度 $b=18$mm、高度 $h=11$mm、长度 $L=100$mm 的平头普通平键（B 型） 键 B18×11×100 GB/T 1096—2003
半圆键	GB/T 1099.1—2003		宽度 $b=6$mm、高度 $h=10$mm、直径 $D=25$mm 的普通半圆键 键 6×10×25 GB/T 1099.1—2003

2. 常用键连接的画法

键及键槽的尺寸可根据轴的直径、键的型式、键的长度从相应的标准中查得。

平键与半圆键连接的画法相似（如图 6-15 所示），它们的侧面与被连接件接触，顶面

留有间隙。

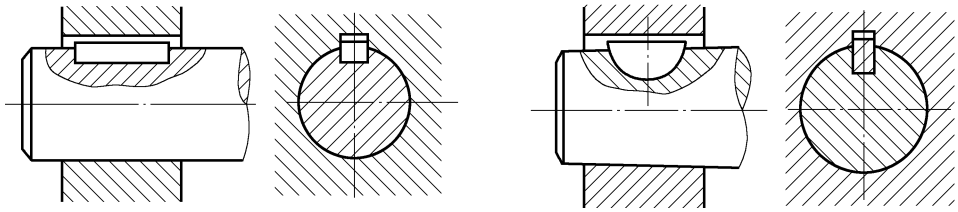


图 6-15　平键及半圆键连接的画法

钩头楔键的顶面有 1∶100 的斜度，它是靠顶面与底面接触受力而传递转矩的，但在绘图时，侧面不留间隙，如图 6-16 所示。

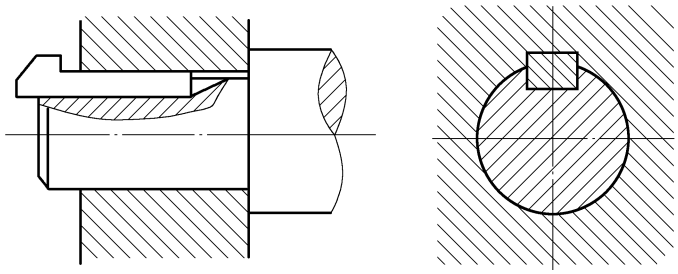


图 6-16　钩头楔键连接的画法

6.3.2　销连接

1. 销的种类和标记

销主要用于机器零件之间的连接或定位。常用销有圆柱销、圆锥销和开口销等（如图 6-17 所示），它们的型式、标准、画法及标记见表 6-7。

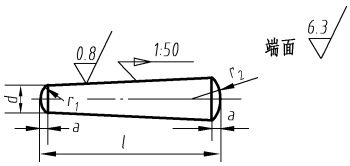
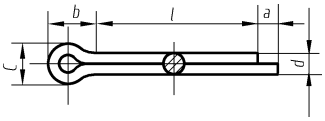
(a) 圆柱销　　(b) 圆锥销　　(c) 开口销

图 6-17　常用销

表 6-7　销的型式、标准、画法及标记

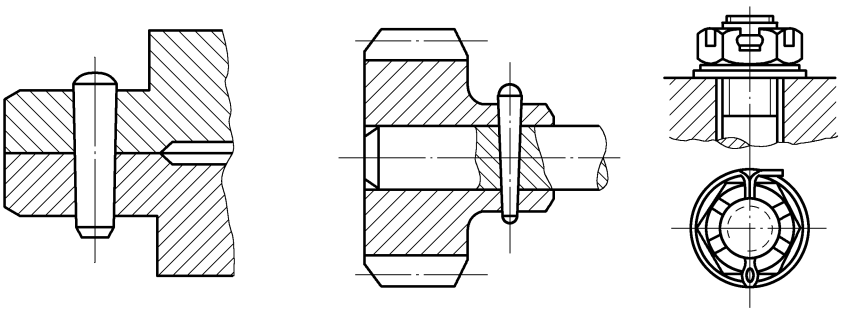
名称	标准号	图样	标记示例
圆柱销	GB/T 119.1—2000	≈15°　d　c　a　l	公称直径 $d=5$ mm，公差为 n6，公称长度 $l=18$mm，材料为钢，不经淬火，不经表面处理的圆柱销 销 GB/T 119.1 5n6×18

续表

名称	标准号	图样	标记示例
圆锥销	GB/T 117—2000		公称直径 d = 10mm，公称长度 l = 60mm，材料为 35 钢，钢处理硬度为 28～30HRC，表面氧化处理的 A 型圆锥销 销 GB/T11710 × 60
开口销	GB/T 91—2000		公称规格为 5mm，公称长度 l = 50mm，材料为 Q215 或 Q235，不经表面处理的开口销 销 GB/T 91 5 × 50

2. 销连接的画法

销是标准件，使用及绘图时，应根据有关标准选用。销连接的画法如图 6-18 所示。



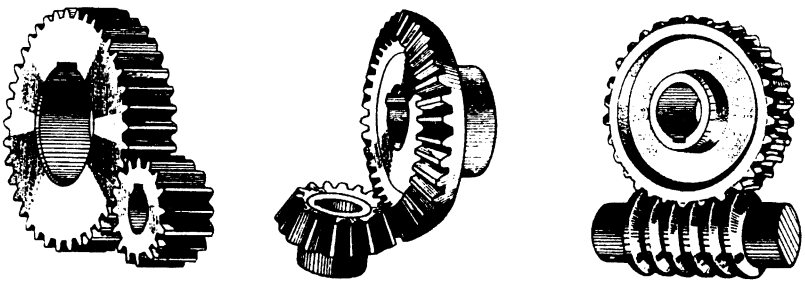
(a) 圆柱销　　(b) 圆锥销　　(c) 开口销

图 6-18　销连接的画法

6.4　齿轮

齿轮是机械传动中应用最广泛的一种传动件，它不仅可以传递动力，还可以改变轴的转速和旋转方向。

常见的齿轮有如图 6-19 所示，主要有以下几种。



(a) 圆柱齿轮　　(b) 圆锥齿轮　　(c) 蜗杆和蜗轮

图 6-19　齿轮

① 圆柱齿轮　常用于两平行轴的传动。

② 圆锥齿轮　常用于两相交轴的传动（通常是正交）。

③ 蜗杆和蜗轮　常用于两交叉轴的传动（通常是垂直交叉）。

6.4.1　圆柱齿轮

圆柱齿轮分为直齿圆柱齿轮、斜齿圆柱齿轮和人字齿轮。

1. 圆柱齿轮各部分名称、代号及计算公式

直齿圆柱齿轮如图 6-20 所示。

① 齿数 z：轮齿的数量。

② 齿顶圆直径 d_a：通过轮齿顶部的圆周直径。

③ 齿根圆直径 d_f：通过轮齿根部的圆周直径。

④ 分度圆直径 d：对标准齿轮来说，为齿厚 s 等于齿槽宽 e 处的圆周直径。

⑤ 齿高 h：分度圆把轮齿分为两部分，分度圆到齿顶圆的距离为齿顶高 h_a，分度圆到齿根圆的距离为齿根高 h_f，齿顶高与齿根高之和为全齿高。

⑥ 齿距 p：分度圆上相邻两齿对应点之间的弧长，齿距等于齿厚与齿槽宽之和。

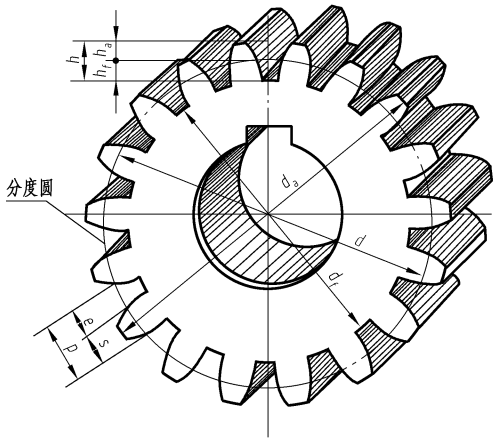


图 6-20　直齿圆柱齿轮

⑦ 模数 m：如果齿轮有 z 个齿，则分度圆周长 $\pi d = zp$，若令 $\frac{p}{\pi} = m$，则 $d = mz$。

m 为齿轮的模数（单位为 mm），它是齿轮设计、制造的一个重要参数，模数越大，轮齿各部分尺寸也随之成比例增大，轮齿上所能承受的力也越大。为了设计与制造的方便，模数的数值已经标准化了，齿轮模数系列见表 6-8。

表 6-8　齿轮模数系列

第一系列	1，1.25，1.5，2，2.5，3，4，5，6，8，10，12，16，20，25，32，40，50
第二系列	1.75，2.25，2.75，(3.25)，3.5，(3.75)，4.5，5.5，(6.5)，7，9，(11)，14，18，22，28，36，45

注：① 对斜齿圆柱齿轮是指法向模数。

② 优先选用第一系列，括号内的数值尽可能不用。

③ $m = 1$ 属于小模数齿轮的模数系列。

标准直齿圆柱齿轮的计算公式见表 6-9。

表 6-9　标准直齿圆柱齿轮的计算公式

名　称	代　号	计算公式	名　称	代　号	计算公式
模　数	m	由强度计算决定，并选用标准模数	全齿高	h	$h = h_f + h_a = 2.25m$
齿　数	z	由传动比 $i_{12} = \omega_1/\omega_2 = z_2/z_1$ 决定	齿顶圆直径	d_a	$d_a = m(z+2)$

续表

名　称	代　号	计算公式	名　称	代　号	计算公式
分度圆直径	d	$d=mz$	齿根圆直径	d_f	$d_f=m(z-2.5)$
齿顶高	h_a	$h_a=m$	齿　距	p	$p=m\pi$
齿根高	h_f	$h_f=1.25m$	中心距	a	$a=(d_1+d_2)/2=m(z_1+z_2)/2$

注：d_1、d_2 是相啮合的两个齿轮的分度圆直径，z_1、z_2 是两个齿轮的齿数，ω_1、ω_2 是两个齿轮的角速度。

2. 圆柱齿轮的规定画法

一般用两个视图，或者用一个视图和一个局部视图表示单个齿轮，如图 6-21 所示。

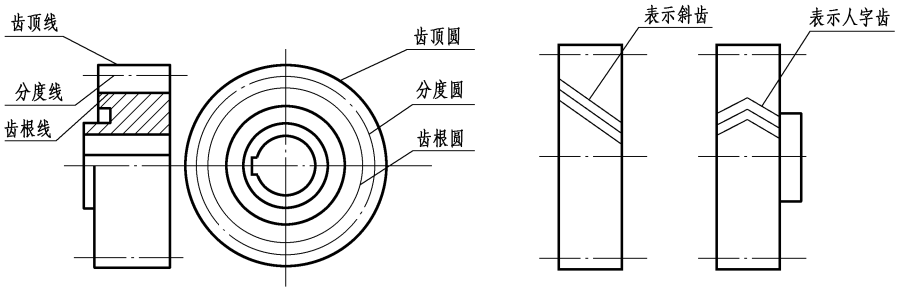
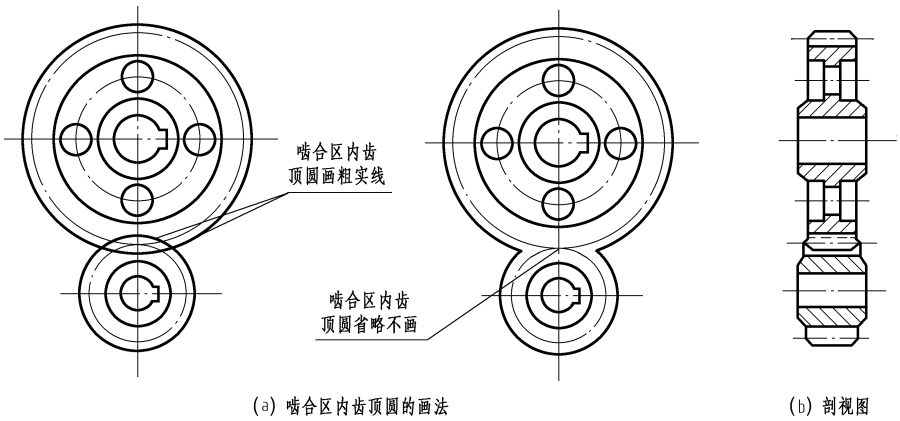


图 6-21　单个齿轮的画法

齿顶圆和齿顶线一般用粗实线画。分度圆和分度线一般用细点画线画。齿根圆和齿根线一般用细实线画，在剖视图中则用粗实线画。在剖视图中，当剖切平面通过齿轮轴线时，轮齿一般按不剖处理。当需要表示齿线的形状时，可用三条与齿线方向一致的细实线表示，直齿则不需要画出。

3. 圆柱齿轮啮合的画法

一般可采用两个视图，在垂直于圆柱齿轮轴线的投影面的视图中，啮合区内的齿顶圆均用粗实线绘制，分度圆相切用细点画线绘制，也可用省略画法，如图 6-22（a）所示。



(a) 啮合区内齿顶圆的画法　　(b) 剖视图

图 6-22　齿轮啮合的画法

在圆柱齿轮啮合的剖视图中，当剖切平面通过两啮合齿轮轴线时，在啮合区内，一个齿轮的轮齿用粗实线绘制，另一个齿轮的轮齿被遮挡的部分用虚线绘制，如图 6-22（b）所示，也可省略不画被遮挡的轮齿。

在平行于圆柱齿轮轴线的投影面视图中，啮合区的齿顶线不需要画出，分度圆相切处用粗实线绘制，其他处的分度线仍用细点画线绘制，如图 6-23 所示。

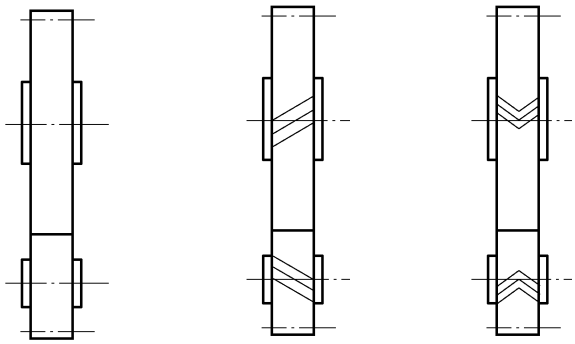


图 6-23　圆柱齿轮的画法

4. 标准直齿圆柱齿轮的测绘

标准直齿圆柱齿轮的测绘步骤如下。

① 数出齿数。

② 测出齿顶圆直径，如图 6-24 所示。当齿数是偶数时，可直接用游标卡尺测出；为奇数时，则应先测出孔径 D_1 及孔壁到齿顶间的径向距离 H，然后由 $d_a = 2H + D_1$ 算出。

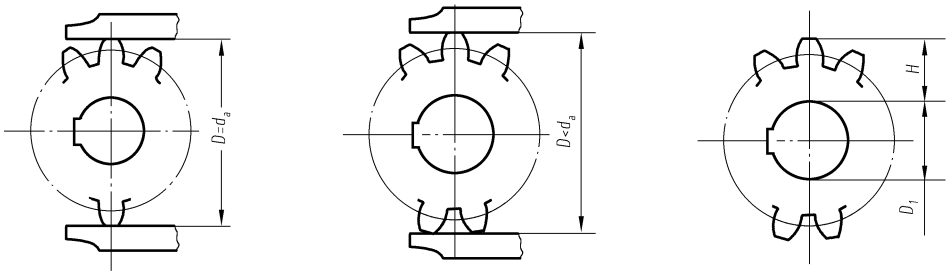


图 6-24　齿轮测绘

③ 计算模数。

模数 m 由下面的公式求出：

$$m = \frac{d_a}{z+2}$$

求出模数后与标准模数对照，选取接近的标准模数，即为被测直齿圆柱齿轮的模数。

④ 计算 d。

$$d = mz$$

用相啮合齿轮两轴的中心距校对，应符合下面的公式：

$$a=\frac{d_1+d_2}{2}=\frac{m\ (z_1+z_2)}{2}$$

⑤ 测量与计算齿轮的其他尺寸。

⑥ 绘制标准直齿圆柱齿轮零件图。

直齿圆柱齿轮零件图如图 6-25 所示。

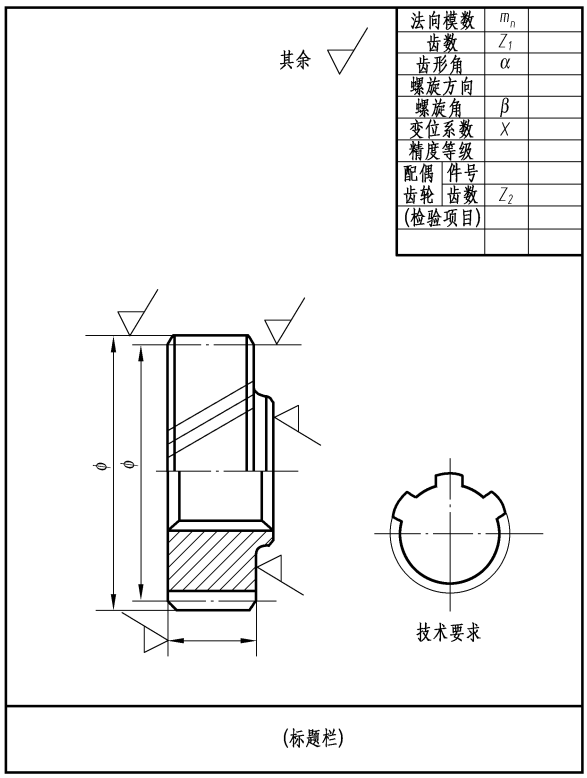


图 6-25　直齿圆柱齿轮零件图

6.4.2　直齿圆锥齿轮

圆锥齿轮的外形为圆锥形，轮齿加工在圆锥面上，因而沿圆锥素线方向轮齿的大小不同，模数、齿高、齿厚也随之而变化，通常规定以大端模数为标准模数，用它来计算和决定齿轮的其他各部分尺寸。

1. 直齿圆锥齿轮各部分名称和计算公式

（1）直齿圆锥齿轮各部分名称

直齿圆锥齿轮各部分名称如图 6-26 所示。

（2）直齿圆锥齿轮的计算公式

直齿圆锥齿轮的计算公式见表 6-10。

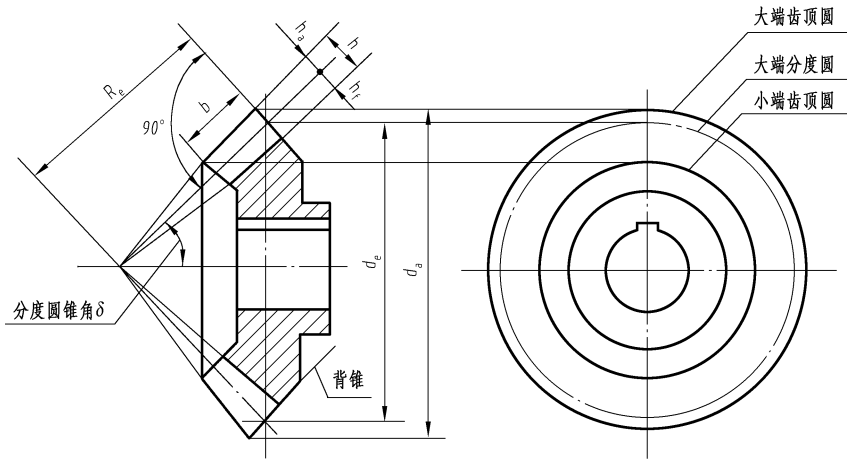


图 6-26　直齿圆锥齿轮

表 6-10　直齿锥齿轮的计算公式

名　称	代　号	计算公式	名　称	代　号	计算公式
大端模数	m	由强度计算决定，并选用标准模数	齿高	h	$h=h_a+h_f=2.2\ m$
齿数	z	由传动比 $i_{12}=\omega_1/\omega_2=z_2/z_1$ 决定	齿顶圆直径	d_a	$d_a=m\ (z+2\cos\delta)$
分度圆锥角	δ	$\tan\delta_1=z_1/z_2$，$\tan\delta_2=z_2/z_1$	齿根圆直径	d_f	$d_f=m\ (z-2.4\cos\delta)$
大端分度圆直径	d_e	$d_e=mz$	锥距	R_e	$R_e=mz/2\sin\delta$
齿顶高	h_a	$h_a=m$	齿宽	b	$b\leqslant R_e/3$
齿根高	h_f	$h_f=1.2m$			

2. 锥齿轮的画法

锥齿轮的规定画法与圆柱齿轮基本相同。单个锥齿轮画法如图 6-26 所示。主视图画成剖视，当剖切平面通过齿轮轴线时，轮齿按不剖处理，用粗实线画出齿顶线及齿根线，用细点画线画出分度线。在反映圆的左视图上，规定用粗实线画出齿轮大端和小端的齿顶圆，用细点画线画大端的分度圆，小端的分度圆及齿根圆不画。

3. 锥齿轮啮合的画法

锥齿轮啮合的画法与圆柱齿轮啮合的画法基本相同，如图 6-27 所示。

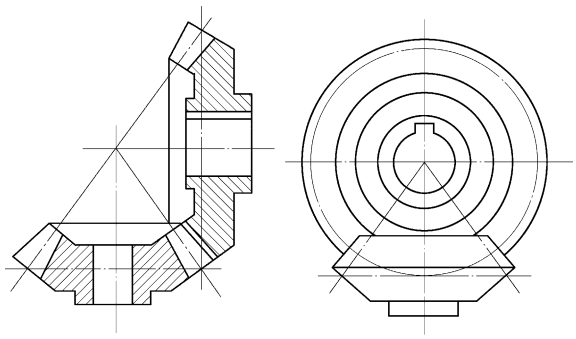
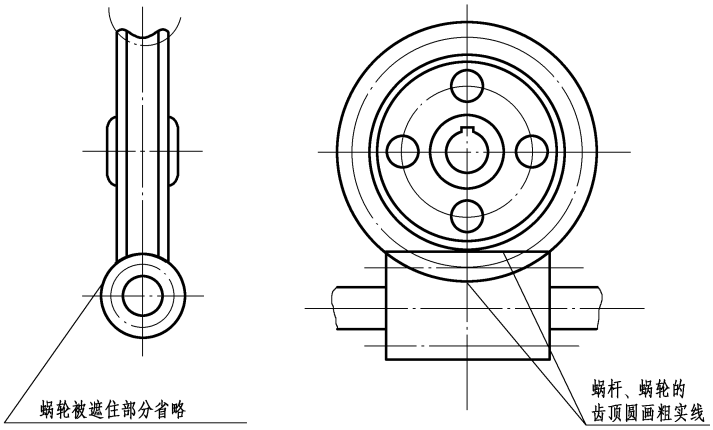


图 6-27　锥齿轮啮合的画法

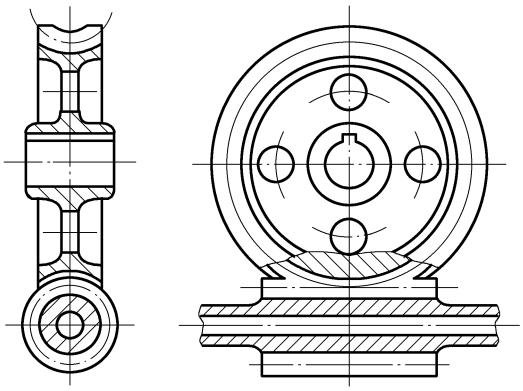
6.4.3 蜗杆和蜗轮

蜗杆、蜗轮传动，一般用于轴线垂直交叉的场合。蜗杆为主动，用于减速，可以得到很大的传动比。蜗杆的齿数称为头数，最常用的蜗杆为圆柱形，蜗杆的规定画法与圆柱齿轮的画法基本相同。蜗轮类似于斜齿圆柱齿轮，蜗轮轮齿部分的主要尺寸以垂直于轴线的中间平面为准。

蜗杆、蜗轮啮合的画法如图 6－28 所示。其中，蜗杆、蜗轮啮合的外形图如图6–28（a）所示，蜗杆、蜗轮啮合的剖视图如图6–28（b）所示。



(a) 外形图



(b) 剖视图

图 6–28　蜗杆和蜗轮啮合的画法

6.5 滚动轴承

滚动轴承是支承轴旋转的部件。由于它具有结构紧凑、摩擦力小等特点，所以得到了广泛的应用。滚动轴承的种类很多，并已标准化，选用时可查阅有关标准。

6.5.1　滚动轴承的结构和分类

1. 滚动轴承的结构

滚动轴承一般由 4 个部分组成，如图 6-29 所示。

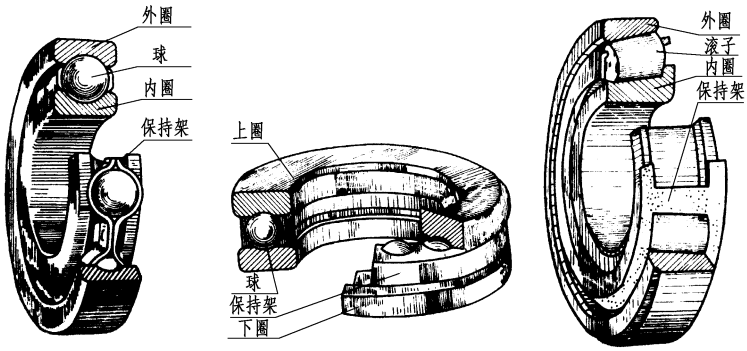


图 6-29　滚动轴承

① 内圈一般与轴相配合，通常与轴一起转动，内圈的孔称为轴承内径，用符号 d 表示，它是轴承的规格尺寸。

② 外圈一般都固定在机体或轴承座内，一般不转动。

③ 滚动体位于内外圈的滚道之间，滚动体有多种形状。

④ 保持架用来保持滚动体在滚道之间彼此有一定的距离，防止相互间摩擦和碰撞。

2. 滚动轴承的分类

滚动轴承的分类方法很多，按其承载特性可分为三类。

① 向心轴承主要承受径向载荷。

② 推力轴承主要承受轴向载荷。

③ 向心推力轴承同时承受径向和轴向载荷。

6.5.2　滚动轴承的代号

1. 滚动轴承代号的构成

滚动轴承代号是用字母、数字表示滚动轴承的结构、尺寸、公差等级、技术性能等特征的产品符号。滚动轴承代号由基本代号、前置代号和后置代号三部分构成，其排列顺序如下：

前置代号	基本代号	后置代号

2. 滚动轴承的基本代号

滚动轴承的基本代号由类型代号、尺寸系列代号、内径代号组成。

（1）类型代号

类型代号用数字或大写英文字母表示，见表6-11。

表6-11　滚动轴承类型代号

代　号	轴承类型	代　号	轴承类型
0	双列角接触球轴承	7	角接触球轴承
1	调心球轴承	8	推力圆柱滚子轴承
2	调心滚子轴承和推力调心滚子轴承	N	圆柱滚子轴承（双列或多列用字母NN表示）
3	圆锥滚子轴承	U	外球面球轴承
4	双列深沟球轴承	QJ	四点接触球轴承
5	推力球轴承		
6	深沟球轴承		

注：在表中代号后或前加字母表示该类轴承中的不同结构。

（2）尺寸系列代号

尺寸系列代号由轴承的宽（高）度系列代号和直径系列代号组成，用数字表示，见表6-12。

表6-12　滚动轴承尺寸系列代号

直径系列代号	向心轴承								推力轴承			
	宽度系列代号								高度系列代号			
	8	0	1	2	3	4	5	6	7	9	1	2
	尺寸系列代号											
7	—	—	17	—	17	—	—	—	—	—	—	—
8	—	08	18	28	38	48	58	68	—	—	—	—
9	—	09	19	29	39	49	59	69	—	—	—	—
0	—	00	10	20	30	40	50	60	70	90	10	—
1	—	01	11	21	31	41	51	61	71	91	11	—
2	82	02	12	22	32	42	52	62	72	92	12	22
3	83	03	13	23	33	—	—	—	73	93	13	23
4	—	04	—	24	—	—	—	—	74	94	14	24
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	85	—	—

（3）内径代号

内径代号表示轴承的公称内径，用数字表示，见表6-13。

表6-13　滚动轴承内径代号

公称内径（mm）	内径代号	示　例
0.6～10（非整数）	用公称内径毫米数直接表示，在其与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承 618/2.5　$d=2.5$mm
1～9（整数）	用公称内径毫米数直接表示，对深沟球轴承和角接触球轴承7、8、9直径系列，内径与尺寸系列代号之间用“/”分开	深沟球轴承625 618/5　$d=5$mm

续表

公称内径（mm）		内径代号	示　例
10～17	10	00	深沟球轴承 6200 $d=10$mm
	12	01	
	15	02	
	17	03	
20～480（22、28、32 除外）		公称内径除以 5 的商数，商数为个位数，应在商数前加“0”	调心滚子轴承 23208 $d=40$mm
大于和等于 500，以及 22、28、32		用公称内径毫米数直接表示，在其与尺寸系列代号之间用“/”分开	调心滚子轴承 230/500 $d=500$mm 深沟球轴承 62/22 $d=22$mm

3. 滚动轴承的前置、后置代号

（1）前置代号

前置代号用字母表示轴承分部件，见表 6-14。

表 6-14　滚动轴承前置代号

代　号	含　义	示　例
F	凸缘外圈的向心球轴承（公适用 $d\leqslant10$mm）	F618/4
L	可分离轴承的可分离内圈或外圈	LNU207
R	不可分离内圈或外圈的轴承（滚针轴承公适用 NA 型）	RNU207，RNA6904
WS	推力圆柱滚子轴承轴圈	WS81107
GS	推力圆柱滚子轴承座圈	GS81107
KOW－	无轴圈推力轴承	KOW－51108
KIW－	无座圈推力轴承	KIW－51108
LR	带可分离的内圈或外圈与滚动体级件轴承	—
K	滚子和保持架组件	K81107

（2）后置代号

后置代号用字母或字母加数字表示，一般分为 8 组。

4. 轴承代号示例

例如，轴承代号为 6205，其各部分含义如下：

“05”为轴承内径代号（$d=25$mm）。

“2”为尺寸系列代号（宽度系列代号为 0 省略，直径系列代号为 2）。

“6”为类型代号（深沟球轴承）。

例如，轴承代号为 K81107，其各部分含义如下：

“07”为轴承内径代号（$d=35$mm）。

“11”为尺寸系列代号（宽度系列代号为 1，直径系列代号为 1）。

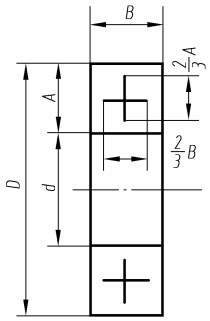
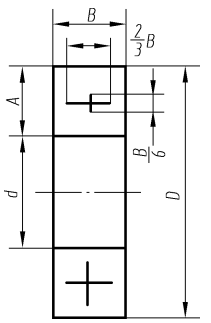
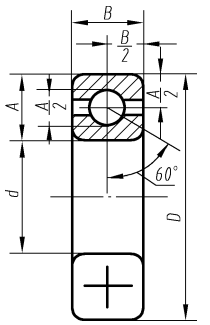
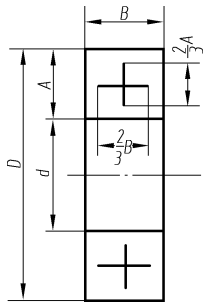
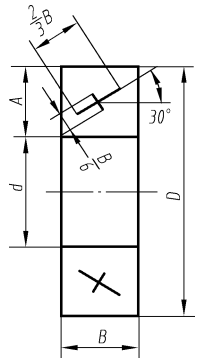
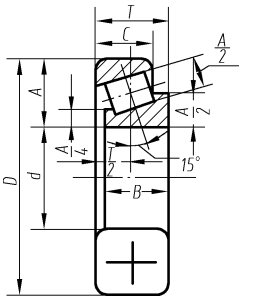
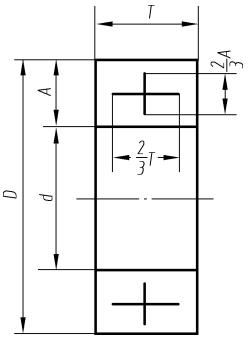
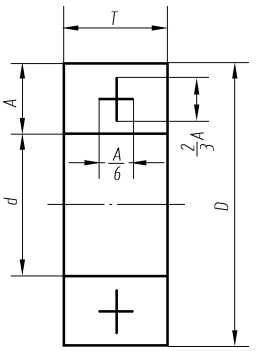
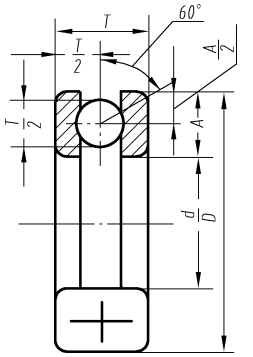
“8”为类型代号（推力圆柱滚子轴承）。

“K”为前置代号（滚子和保持架组件）。

6.5.3 滚动轴承的画法

画滚动轴承一般可采用简化画法或规定画法，见表6-15。

表6-15 滚动轴承的简化画法和规定画法（GB/T 4459.7—1998）

类型名称和标准号	简化画法		规定画法
	通用画法	特征画法	
深沟球轴承 GB/T 276—1994			
圆锥滚子轴承 GB/T 297—1994			
推力球轴承 GB/T 301—1995			

1. 简化画法

简化画法包括通用画法和特征画法两种，但同一图样中只能采用一种画法。

（1）通用画法

在剖视图中，当不需要确切地表示滚动轴承的外形轮廓、载荷特性、结构特征时，可采

用通用画法，即用矩形线框及位于线框中央正立的十字形符号来表示。十字形符号不应与矩形线框接触，通用画法应绘制在轴的两侧。

（2）特征画法

在剖视图中，如需要较形象地表示滚动轴承的结构特征，可采用特征画法，即在矩形线框内画出其结构要素符号表示结构特征。特征画法应绘制在轴的两侧。

用简化画法绘制滚动轴承时应注意以下几点：

① 各种符号、矩形线框和轮廓线均用粗实线绘制。

② 矩形线框或外形轮廓的大小应与滚动轴承的外形尺寸一致。

2. 规定画法

在滚动轴承的产品图样、产品样本及说明书等图样中，可采用规定画法绘制。在装配图中，规定画法一般采用剖视图绘制在轴的一侧，另一侧按通用画法绘制。

采用规定画法绘制滚动轴承的剖视图时，其滚动体不画剖面线，其内外套圈等可画成方向和间隔相同的剖面线。在不致引起误解时，也允许省略不画。

第 7 章 零 件 图

【学习目标】

- 了解零件图的作用、内容和视图选择。
- 掌握零件图尺寸标注。
- 了解零件图的技术要求。
- 熟读各种典型结构零件图。

【教学目标】

- 知识目标：零件图的内容、视图选择、尺寸结构及技术要求。
- 能力目标：零件图的读图分析，测量与绘制零件。

【教学重点】

识读零件图。

【教学难点】

各项形位公差等技术要求。

【教学方法】

实物讲解和分组讨论法。

7.1 零件图的作用与内容

7.1.1 零件图的作用

工厂中制造的各种机器或部件，都是由许多零件装配而成的。制造机器必须首先制造零件，制造零件时要按图样进行加工。零件工作图（简称零件图）就是直接指导制造和检验零件的图样。

7.1.2 零件图的内容

一张完整的零件图（如图 7-1 所示的泵盖零件图），应包括下列内容。

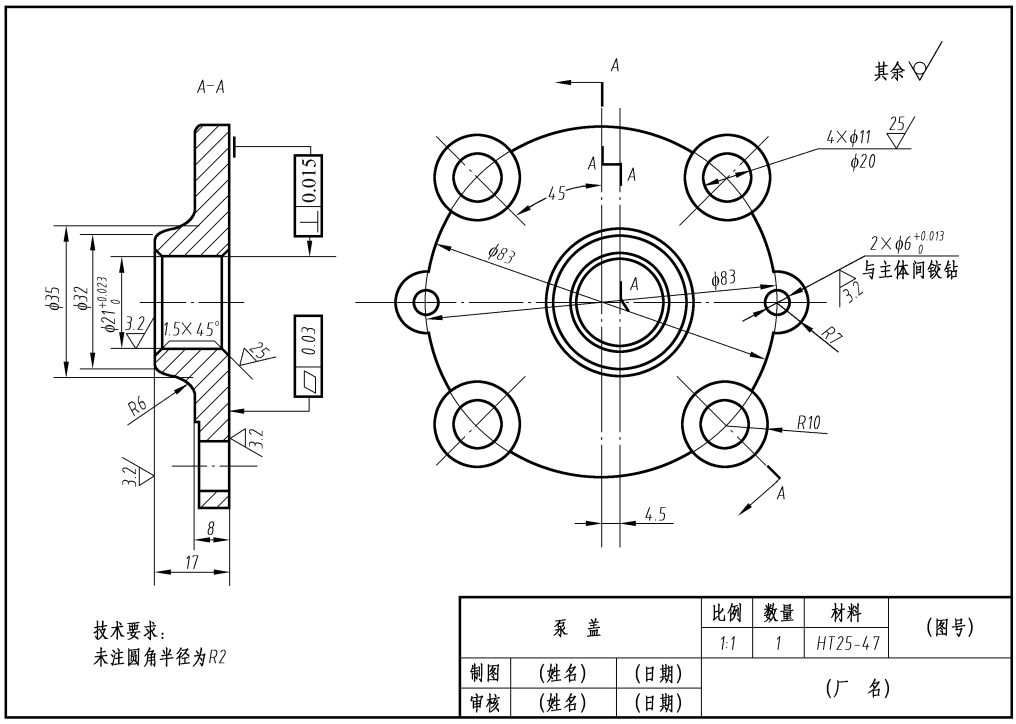


图7-1 泵盖零件图

(1) 图形

用必要的视图、剖视、剖面及其他规定画法，正确、完整、清晰地表达零件的结构和形状。

(2) 尺寸

注出能满足零件制造和检验所需的全部尺寸。

(3) 技术要求

用规定的代号、数字、字母或另加文字注解，表达出零件在制造和检验时应达到的质量要求。

(4) 标题栏

写明零件名称、图号、材料、数量、比例等各项内容。

7.2 零件图的视图选择

零件的视图是零件图中的重要内容之一，必须使零件上每一部分的结构形状和位置都表达得完整、正确、清晰，并符合设计和制造要求，便于画图和看图。

要达到上述要求，在画零件图的视图时，应灵活运用前面学过的视图、剖视、断面及简化和规定画法等表达方法，选择一组恰当的图形来表达零件的形状和结构。

7.2.1 主视图的选择

主视图是零件视图中最重要的视图，选择零件图的主视图时，一般应从主视图的投射方

向和零件的摆放位置两方面来考虑。

1. 选择主视图的投射方向

选择主视图的投射方向，应遵循形体特征原则，即所选择的投射方向所得到的主视图应最能反映零件的形状特征。

如图 7-2 所示的轴承盖可以从 *A*、*B*、*C* 等方向进行投影，但以 *A* 方向投影作为主视图最能表达轴承盖的形状特征，即最能清楚地反映出该零件各组成部分的相对位置和形状，所以 *A* 向投影作为主视图比较恰当。

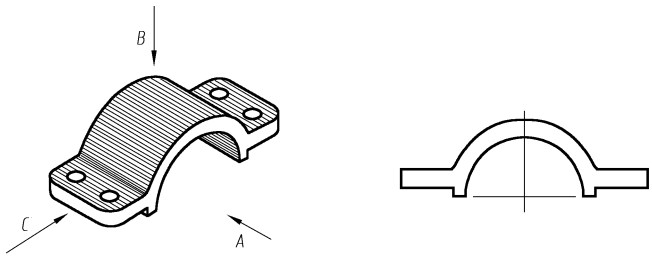


图 7-2　轴承盖

2. 选择主视图的位置

当零件主视图的投射方向确定以后，还需要确定主视图的位置。所谓主视图的位置，就是零件的摆放位置。一般按以下几个原则来考虑。

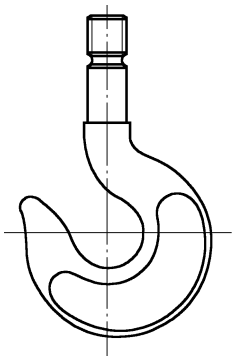


图 7-3　吊钩

（1）工作位置原则

所选择的主视图的位置，应尽可能与零件在机械或部件中的工作位置一致。如图 7-3 所示的吊车上的吊钩，就应按工作位置画主视图。

（2）加工位置原则

工作位置不易确定或按工作位置画图不方便的零件，一般将零件在机械加工中所处的位置作为主视图的位置。因为，零件图的重要作用之一是用来指导零件制造，若主视图所表示的零件位置与零件在机床上加工时所处位置一致，则工人加工时看图方便。

如图 7-4 所示的轴，它的主要工序是在车床上进行的，为使车工看图方便，应将轴线放成水平位置画主视图。

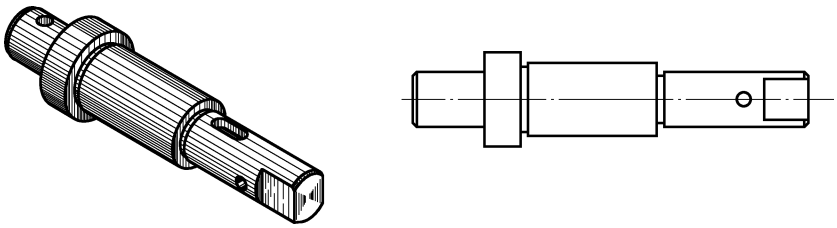


图 7-4　轴

（3）自然摆放稳定原则

如果零件为运动件，工作位置不固定，或者零件的加工工序较多，其加工位置多变，则

可将其自然摆放平稳的位置作为画主视图的位置。

关于主视图的选择，应根据具体情况进行分析，从有利于看图出发，在满足形体特征原则的前提下，充分考虑零件的工作位置和加工位置。另外还要适当照顾习惯画法。

7.2.2 其他视图的选择

对于十分简单的轴、套、球类零件，一般只用一个视图，再加所注的尺寸，就能把其结构形状表达清楚。但是对于一些较复杂的零件，只靠一个主视图是很难把整个零件的结构形状表达完全的。因此，一般在选择好主视图后，还应选择适当数量的其他视图与之配合，才能将零件的结构形状完整清晰地表达出来。一般应优先考虑选用左、俯视图，然后再考虑选用其他视图。

一个零件需要多少个视图才能表达清楚，只能根据零件的具体情况分析确定。一般原则是在保证充分表达零件结构形状的前提下，尽可能使零件的视图最少。应使每一个视图都有其表达的重点内容，具有独立存在的意义。

零件应选用哪些视图，完全是根据零件的具体结构形状来确定的。如果视图的数目不足，则不能将零件的结构形状完全表达清楚。这样不仅会使看图困难，而且在制造时容易造成错误，给生产造成损失。反之，如果零件的视图过多，则不仅会增加一些不必要的绘图工作量，而且还会使看图烦琐。

总之，零件的视图选择是一个比较灵活的问题。在选择时，一般应多考虑几种方案，加以比较后，力求用较好的方案表达零件。通过多画、多看、多比较、多总结，不断实践，才能逐步提高表达能力。

画零件图时应尽量采用国家标准允许的简化画法作图，以提高绘图工作效率。

7.3 零件图的尺寸标注

零件图的尺寸是加工和检验零件的重要依据。标注零件图的尺寸，除满足正确、完整、清晰的要求外，还必须使标注的尺寸合理，符合设计、加工、检验和装配的要求。以下主要介绍一些合理标注尺寸的基本知识。

7.3.1 零件图的尺寸基准

尺寸基准是指图样中标注尺寸的起点。一般都是零件上的一些面（主要加工面、两零件的结合面、对称面）和线（轴、孔的轴心线和对称中心线等）。

1. 设计基准

设计基准是根据零件的结构和设计要求而选定的基准，如轴、盘类件的轴线等。

如图7-5所示的轴承座中，因为一根轴通常由两个轴承座支承，两者的轴孔应在同一轴线上。所以在标注高度方向的尺寸时，应以轴承座的底面为基准，以保证两轴孔到底面的距离相等。在标注长度方向的尺寸时，应以对称面为基准，以保证底面上两个安装孔之间的距离及其与轴孔的对称关系。该底面和对称面即为设计基准。

2. 工艺基准

工艺基准是为便于加工和测量而选定的基准。如图 7-6 所示的阶梯轴，在车床上车削外圆时，车刀切削每段长度的最终位置都是以右端面为起点来测定的，所以将右端面确定为工艺基准，其轴向尺寸即以此为基准注出。

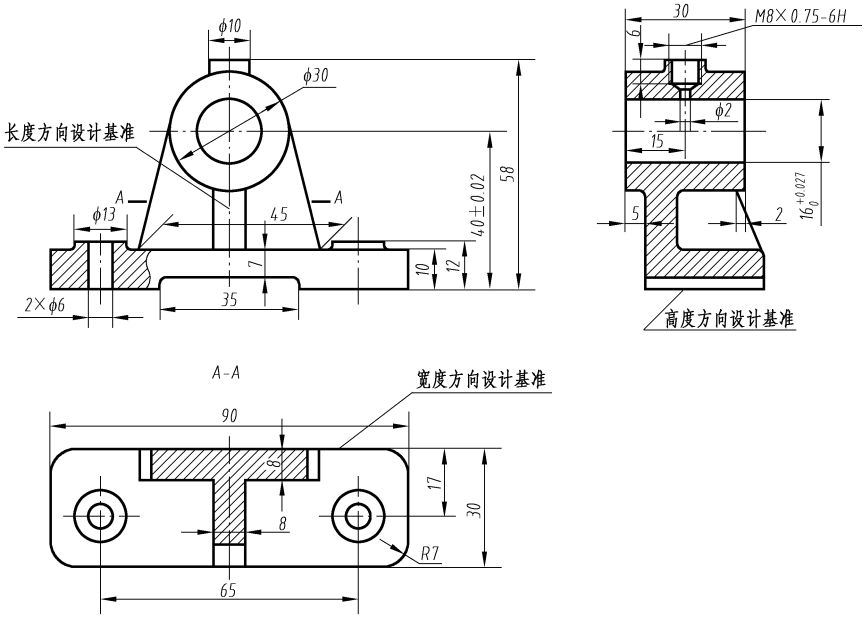


图 7-5　轴承座的尺寸标注

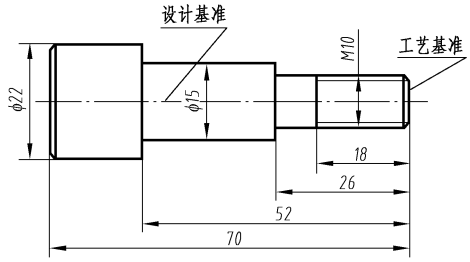


图 7-6　阶梯轴的设计基准与工艺基准

3. 主要基准和辅助基准

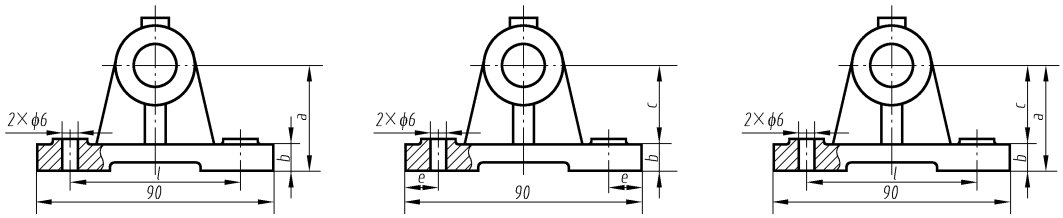
零件有长、宽、高三个方向，因此，每一个方向都有一个决定零件主要尺寸的基准，称为主要基准。还可有辅助基准，即为了方便测量和标注一般尺寸而选定的基准。如图 7-5 中凸台的端面就是一个高度方向上的辅助基准。主要基准和辅助基准之间必须有尺寸联系，如图 7-5 中的尺寸 58。

7.3.2　零件图中标注尺寸的注意事项

1. 零件的重要尺寸必须从主要基准直接注出

加工好的零件尺寸存在误差，为使零件的重要尺寸不受其他尺寸的影响，应在零件图中

把重要尺寸直接注出。如图 7-7（a）中轴承孔的中心高，应从主要基准（底面）出发直接注出尺寸 a，而不能像图 7-7（b）和图 7-7（c）那样以 b、c 两个尺寸之和代替。同理，图中中心距 l 必须直接注出，而不应像图 7-7（b）那样注出两个 e。

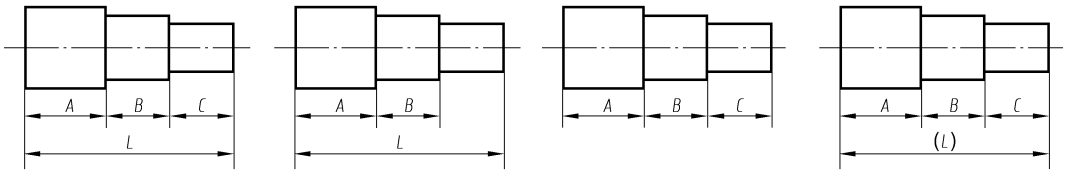


(a) 正确　　(b) 错误　　(c) 错误

图 7-7　主要尺寸直接注出

2. 避免注成封闭尺寸链

如图 7-8（a）所示，尺寸是同一方向串联并头尾相接组成封闭的图形，称为封闭尺寸链。这样标注尺寸，会使每个尺寸的精度都受其他尺寸的影响而难于保证，所以不能注成封闭尺寸链。这时，应挑选出一个不重要的轴段，将其尺寸空出，如图 7-8（b）和图 7-8（c）所示，也可将欲空出的尺寸注出，但应加括号以示区别，这样的尺寸称为参考尺寸，如图 7-8（d）所示。

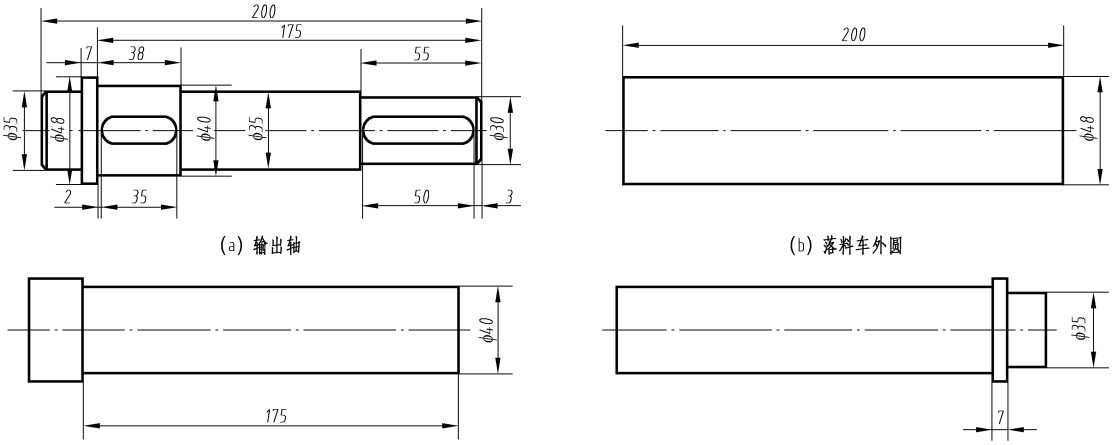


(a) 错误　　(b) 正确　　(c) 正确　　(d) 正确

图 7-8　避免注成封闭尺寸链

3. 按加工顺序标注尺寸

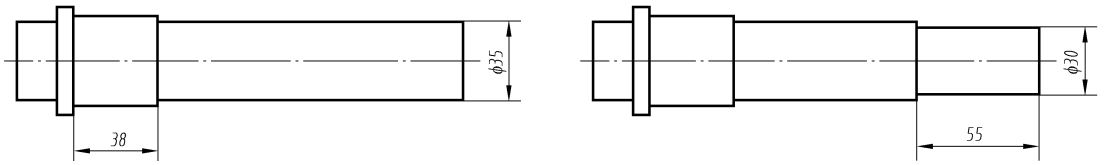
按加工顺序标注尺寸，便于工人看图、加工、测量，有利于减少差错，如图 7-9 所示。



(a) 输出轴　　(b) 落料车外圆

(c) 车φ40、长175外圆　　(d) 调头车φ35，留下7

图 7-9　输出轴车削加工顺序和尺寸标注



(e) 车ϕ35，留下38　　(f) 车ϕ30、长55外圆

图 7-9　输出轴车削加工顺序和尺寸标注（续）

4. 考虑加工方法

不同工序的加工尺寸分开标注，便于工人加工，如图 7-10 所示。

5. 考虑测量的方便

标注尺寸要便于测量，并尽量使用通用量具，如图 7-11 所示。

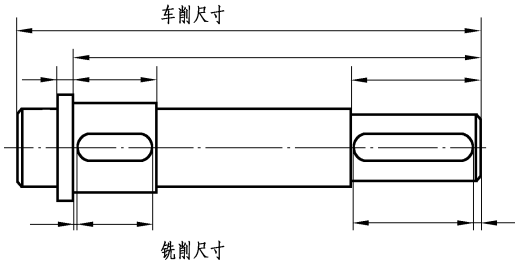


图 7-10　按加工方法集中标注

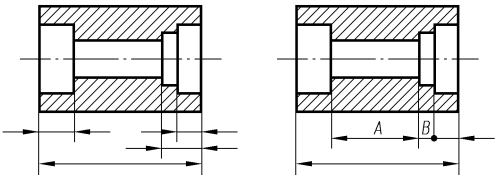


图 7-11　按测量要求标注

7.3.3　零件上常见孔的尺寸标注

零件上常见孔的尺寸注法见表 7-1。

表 7-1　常见孔的尺寸注法

零件结构类型		旁注法	一般注法
光孔	一般孔	4×ϕ4 ↧10 4×ϕ4 ↧10	4×ϕ4 10
	精加工孔	4×ϕ4H7 ↧10 孔 ↧12 4×ϕ4H7 ↧10 孔 ↧12	4×ϕ4H7 10 12
	锥销孔	锥销孔ϕ4 配作 锥销孔ϕ4 配作	

续表

零件结构类型		旁注法	一般注法
沉孔	开槽沉头螺钉沉孔	6×φ6.6 ∨φ12.8×90°　6×φ6.6 ∨φ12.8×90°	90° φ12.8 6×φ6.6
	内六角圆柱头螺钉沉孔	4×φ6.6 ⌴φ11↧2.5　4×φ6.6 ⌴φ11↧2.5	φ11 2.5 4×φ6.6
	六角螺栓与螺母沉孔（锪平面）	6×φ6.6 ⌴φ13　6×φ6.6 ⌴φ13	φ13 4×φ6.6
螺孔	通孔	3×M6-6H　3×M6-6H	3×M6-6H
	不通孔	3×M6-6H↧10　3×M6-6H↧10	3×M6-6H 10
		3×M6-6H↧10 孔↧12　3×M6-6H↧10 孔↧12	3×M6-6H 10 12

7.4 零件图上技术要求的注写

由于零件图是指导零件生产的重要技术文件，因此，它除了有图形和尺寸外，还必须有制造和检验该零件时应该达到的一些质量要求，称为技术要求。

技术要求的主要内容包括表面粗糙度、极限与配合、形状和位置公差、材料的热处理方法等。这些内容凡有规定代号的，应用代号直接注在图上，无规定代号的则用文字说明，一般书写在标题栏的上方。

7.4.1 表面粗糙度

1. 表面粗糙度的概念

零件在机械加工过程中由于机床、刀具的震动，材料被切削时产生塑性变形及刀痕等原因，零件的表面不可能是一个理想的光滑表面，经放大后可以看出表面仍是高低不平的，这种加工表面上具有的较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特征，称为零件的表面粗糙度。

表面粗糙度对零件的使用性能有很大的影响，零件的耐磨性、抗腐蚀性及配合质量都与表面粗糙度有关。

国家标准中规定，常用表面粗糙度评定参数有轮廓算术平均偏差（*Ra*）、微观不平度十点高度（*Rz*）、轮廓最大高度（*Ry*）等。一般情况下，*Ra* 为最常用的评定参数。

2. 表面粗糙度代（符）号

在图样中，零件表面粗糙度是采用代（符）号标注的。

粗糙度的基本符号如图 7-12（a）所示，表示表面可用任何方法获得（图中 $H_2=2.1H_1$）。

在基本符号上加一短横（如图 7-12（b）所示），则表示该表面粗糙度是用去除材料的方法（车、铣、刨、磨、剪切、抛光、电火花加工等）获得的。

在基本符号上加一小圆（如图 7-12（c）所示），则表示该表面粗糙度是用不去除材料的方法（铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等）获得的，或者保持原供应状况的表面（包括保持上道工序的状况）。

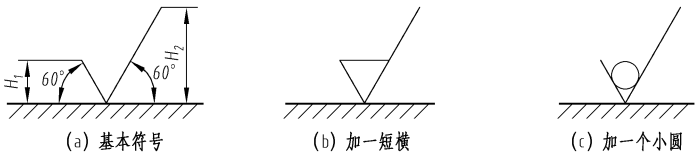


图 7-12　表面粗糙度符号

在表面粗糙度符号上，按规定位置填写评定参数值等，组成表面粗糙度代号，如图 7-13 所示。三种常用评定参数（*Ra*、*Rz*、*Ry*）的允许值均以 μm 为单位，当标注轮廓算术平均偏差时，省略“*Ra*”符号。

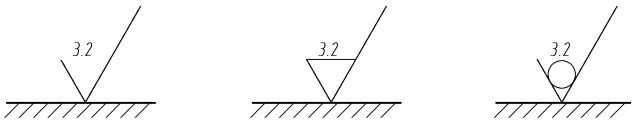


图 7-13　表面粗糙度代号

3. 表面粗糙度代（符）号在图样上的标注

在同一图样中，每一表面的粗糙度代（符）号只标注一次，并尽可能标注在具有确定该表面大小或位置尺寸的视图上。代（符）号应注在可见轮廓线、尺寸界线或延长线上，尖端必须从材料外指向该表面，如图 7-14 所示。

代号中数字书写方向，必须与尺寸数字书写方向一致，如图 7-15 所示。

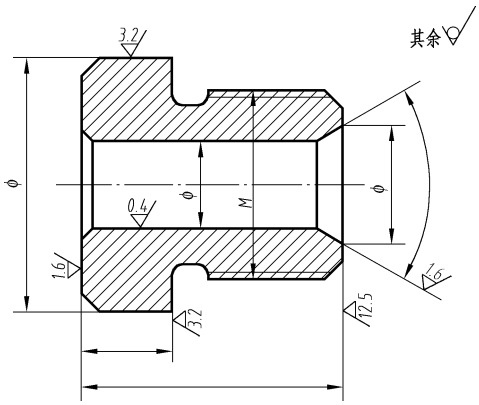


图 7-14　表面粗糙度代（符）号的标注位置

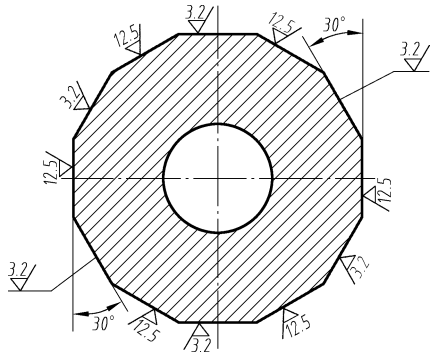


图 7-15　代号中数字书写方向

当零件所有表面具有相同粗糙度时，可在图样右上角统一标注，如图 7-16 所示。

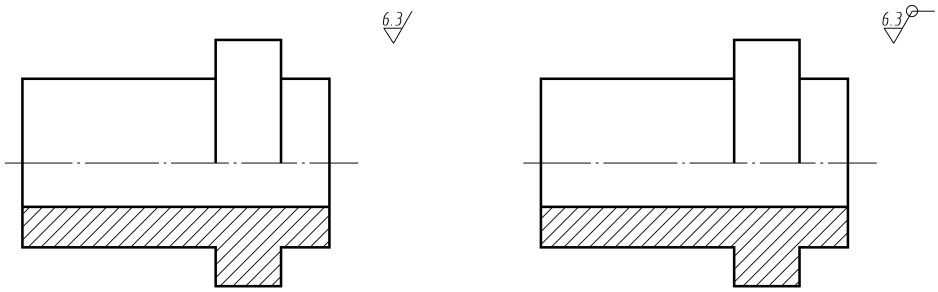


图 7-16　所有表面粗糙度相同的标注

当零件所有表面中大部分粗糙度相同时，也可将相同的粗糙度代（符）号标注在图样右上角，前面加“其余”二字，如图 7-17 所示。

同一表面有不同粗糙度要求时，须用细实线分出界线，分别标出相应的尺寸和代号，如图 7-18 所示。

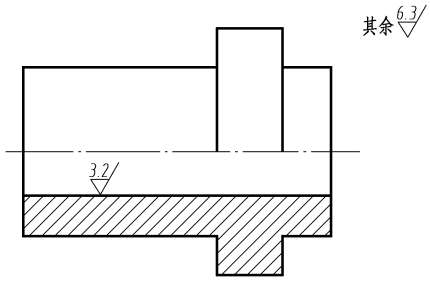


图 7-17　将相同表面粗糙度统一标注

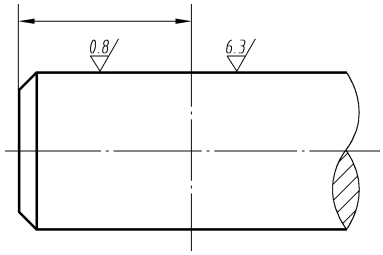


图 7-18　同一表面粗糙度不同时的标注

中心孔的工作表面、键槽工作面、倒角、圆角的表面粗糙度代号可引出并简化标注，如图 7-19 所示。

齿轮、花键、螺纹等工作表面没有画出齿（牙）型时，其表面粗糙度代号的标注方式如图 7-20 所示。

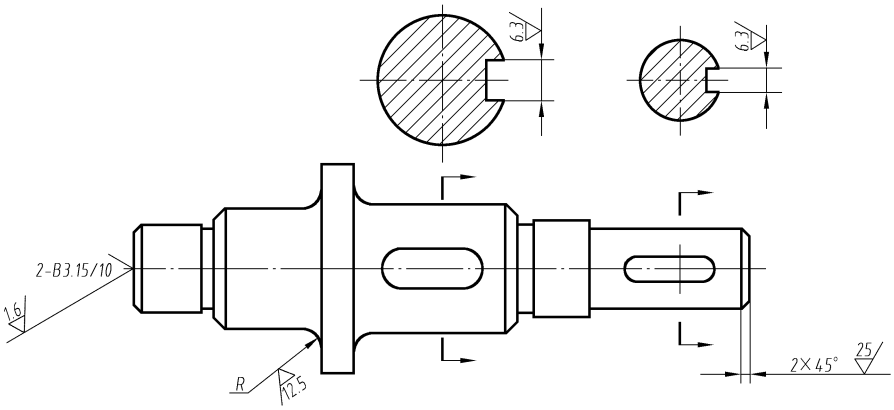


图 7-19　中心孔、键槽、倒角、圆角的表面粗糙度代号的简化标注

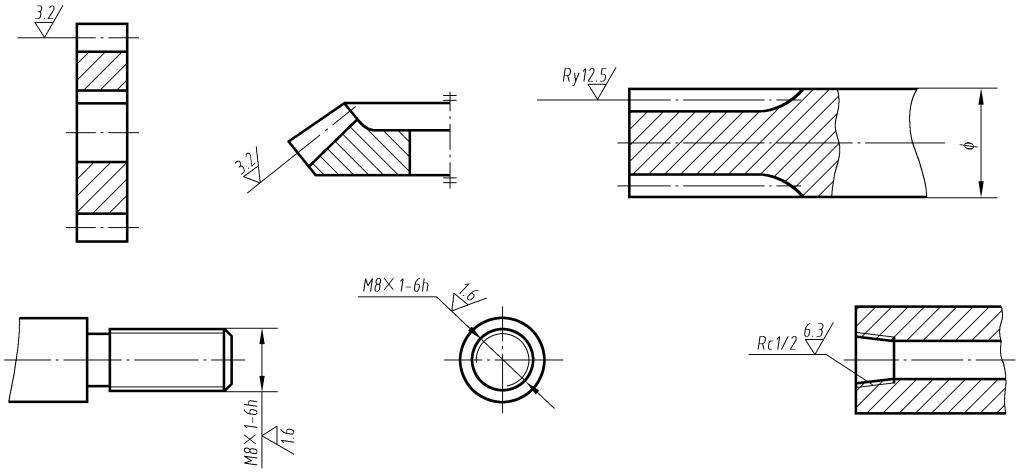


图 7-20　齿轮、花键、螺纹表面粗糙度代号的标注

7.4.2　公差与配合

1. 零件的互换性

在一批相同的零件或部件中任取一个，不需要修配便可装到机器上，并能满足使用要求的性质，称为互换性。

零部件具有互换性后，可简化零件、部件的制造和维修工作，缩短产品的生产周期，提高生产率，降低成本，并保证了产品质量的稳定性。

2. 公差与配合的基本概念

（1）公差

为保证零件具有互换性，应对零件的几何尺寸规定一个允许变动的范围，设计时根据零件的使用要求所制定的尺寸允许的变动量，称为尺寸公差，简称公差。

公差的有关术语如图 7-21 所示。

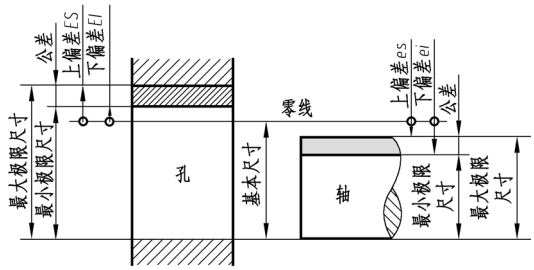


图 7-21　公差与配合示意图

① 基本尺寸：设计时给定的尺寸。

② 实际尺寸：加工后实际测量所得的尺寸。

③ 极限尺寸：允许尺寸变化的两个界限值。两个极限尺寸中较大的一个尺寸称最大极限尺寸，较小的一个尺寸称最小极限尺寸。

④ 尺寸偏差（简称偏差）：某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差，最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。

⑤ 尺寸公差（简称公差）：允许尺寸的变动量。它等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之差，或者等于上偏差与下偏差之差，恒为正值。

⑥ 公差带：在图解中，由代表上偏差和下偏差的两条直线所限定的一个区域，如图 7-22 所示。

⑦ 零线：在图解中，表示基本尺寸的一条直线，以其为基准确定偏差和公差。

（2）配合

配合是指两个基本尺寸相同的相互结合的孔和轴公差带之间的关系。由于孔、轴实际尺寸不同，因而孔与轴装配后松紧程度不同，有可能出现间隙或过盈，如图 7-23 所示。

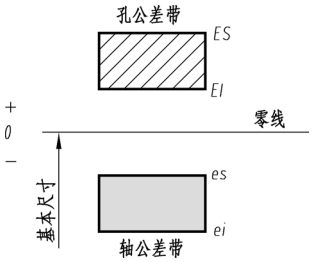


图 7-22　公差带

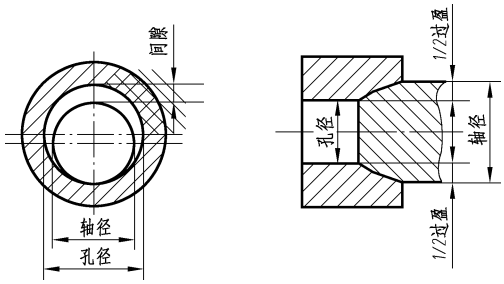


图 7-23　配合的间隙和过盈

根据孔、轴之间形成间隙或过盈的情况，可将配合分为三类，即间隙配合、过渡配合和过盈配合。

① 间隙配合：具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之上，如图 7-24 所示。

② 过盈配合：具有过盈（包括最小过盈等于零）的配合。此时，孔的公差带在轴的公差带之下，如图 7-25 所示。

③ 过渡配合：可能具有间隙或过盈的配合。此时，孔的公差带与轴的公差带相互交叠，如图 7-26 所示。

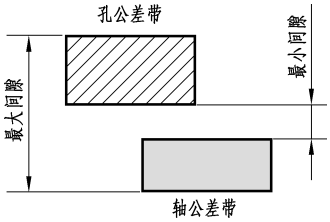


图 7-24　间隙配合

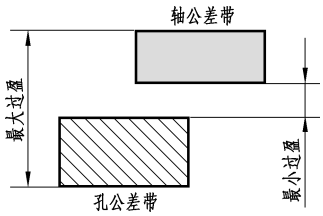


图 7-25　过盈配合

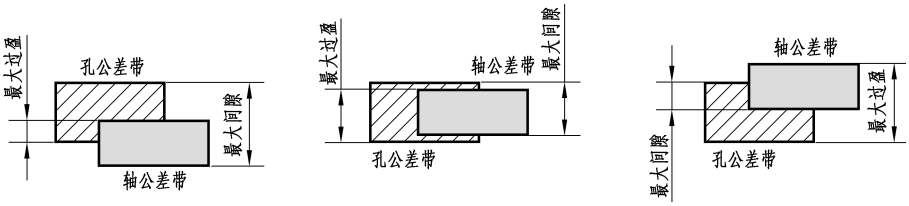


图 7-26　过渡配合

3. 标准公差与基本偏差

标准公差是公差与配合制中规定的任一公差，它确定了公差带的大小，也就是公差值的大小。国家标准规定“IT”为标准公差的代号，阿拉伯数字表示其公差等级，共分 20 个等级，它们是 IT01，IT0，IT1，IT2，…，IT18。从 IT01 至 IT18 等级依次降低，相应的标准公差数值依次增大。

基本偏差是公差与配合制中确定公差带相对零线位置的那个极限偏差。它可以是上偏差或下偏差，一般为靠近零线的那个偏差。当公差带在零线的上方时，基本偏差为下偏差；反之，则为上偏差。基本偏差共有 28 个，它的代号用拉丁字母表示，大写为孔，小写为轴。基本偏差系列如图 7-27 所示。

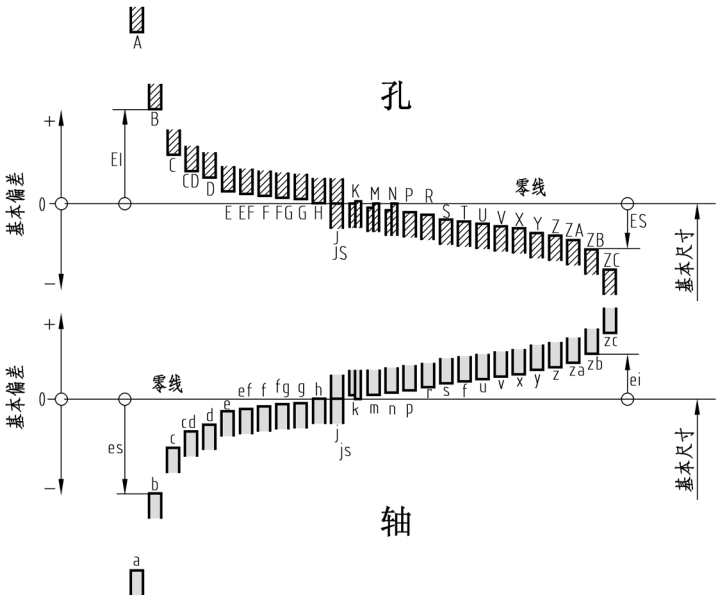


图 7-27　基本偏差系列

孔和轴的公差带代号，由基本偏差代号和标准公差等级（省略书写“IT”字母）组成。两种代号并列，位于基本尺寸之后，并与其字号相同，如图 7-28 所示。

图 7-28　孔、轴公差带代号

4. 配合制度

基本尺寸确定以后，当为了得到不同性质的配合而确定孔和轴的基本偏差时，如果两者都允许变动，则将会出现多种配合情况，太多的配合不利于零件的设计和制造，因此国家标准规定了两种配合制度。

（1）基孔制配合

基孔制是基本偏差为一定的孔的公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度（如图 7-29 所示）。基孔制的孔称为基准孔，基本偏差代号为 H，其下偏差为零。在基孔制配合中，轴的基本偏差 a ~ h 用于间隙配合，j ~ zc 用于过渡配合和过盈配合。

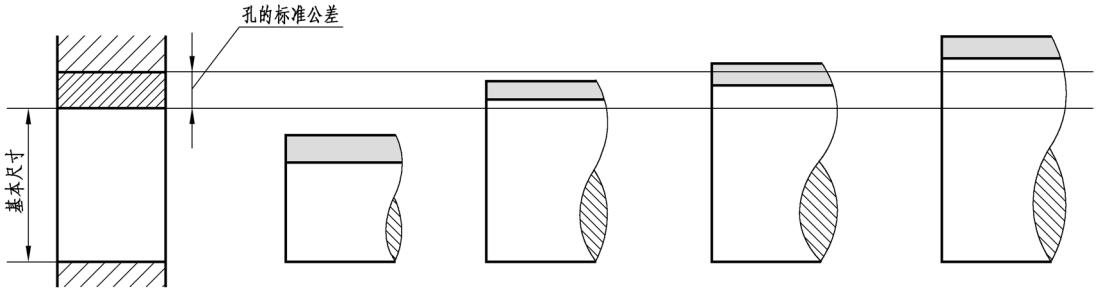


图 7-29　基孔制配合

（2）基轴制配合

基轴制是基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度（如图 7-30 所示）。基轴制的轴称为基准轴，基本偏差代号为 h，其上偏差为零。在基轴制配合中，孔的基本偏差 A ~ H 用于间隙配合，J ~ ZC 用于过渡配合和过盈配合。

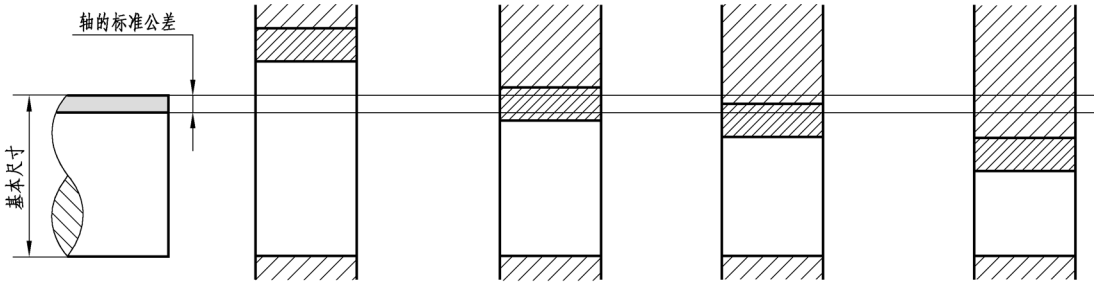


图 7-30　基轴制配合

5. 公差与配合在图样上的标注、识读及查表

（1）标注

用于大批量生产的零件图，可只注公差带代号，如图 7-31（a）所示。用于单件、中小批量生产的零件图，一般可只注出极限偏差，如图 7-31（b）所示。如需要同时注出公差带代号和对应的偏差值，则其偏差应加上圆括号，如图 7-31（c）所示。

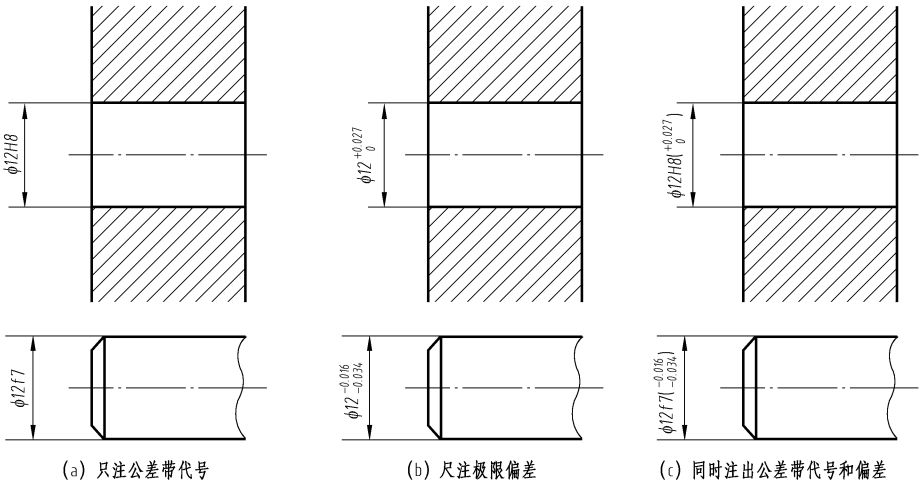


图 7-31　公差带代号、极限偏差在零件图上的标注形式

标注极限偏差时应注意，上偏差注在基本尺寸的右上方，下偏差应与基本尺寸注在同一底线上，其字高要比基本尺寸的字高小一号；上、下偏差的小数点必须对齐，小数点后位数必须相同，如偏差为零，应标注“0”，并与下偏差或上偏差的小数点前的个位数对齐。当上、下偏差数值相同时，其数值只标注一次，其字高与基本尺寸相同，如 $\phi 80 \pm 0.030$。

在装配图上标注极限与配合时，其代号必须在基本尺寸的右边用分数形式注出；分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号，如图 7-32 所示。

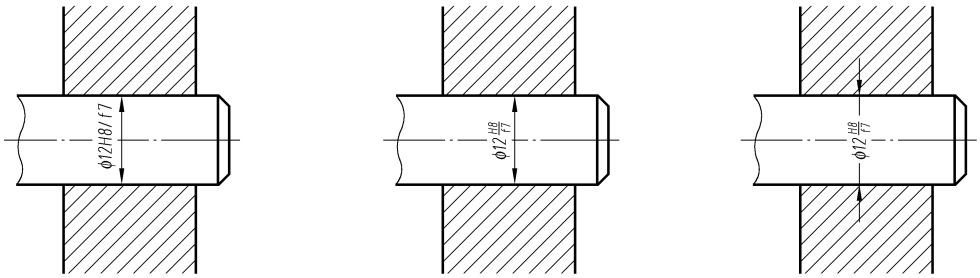


图 7-32　配合代号在装配图上的标注形式

（2）识读

ϕ12H8/f7 的读法：基本尺寸为 12、标准公差等级为 IT8 的基准孔，与相同基本尺寸、标准公差等级为 IT7、基本偏差为 f 的轴组成的间隙配合。

ϕ40s6 的读法：基本尺寸为 40、标准公差等级为 IT6、基本偏差为 s 的轴。

ϕ35K7 的读法：基本尺寸为 35. 标准公差等级为 IT7、基本偏差为 K 的孔。

（3）查表

标准公差可查阅附表 16，常用配合孔轴的极限偏差可查阅附表 17、18。

7.4.3　形状与位置公差

零件加工过程中，不仅尺寸公差需要得到保证，而且组成零件要素的形状和位置也应有一定的准确性，这样才能满足零件的使用和装配要求，保证互换性。因此，形状与位置公差（简称形位公差）和尺寸公差、表面粗糙度一样是评定零件质量的一项重要指标。

形位公差是指零件的实际形状和位置，相对于理想设计要求的形状和位置的允许变动量。

1. 形位公差的分类、特征项目及符号

形位公差分为形状公差和位置公差两大类，共 14 项，见表 7-2。

表 7-2　形位公差的分类、特征项目及符号

公差		特征项目	符号	有或无基准要求	公差		特征项目	符号	有或无基准要求
形状	形状	直线度	—	无	位置	定向	平行度	//	有
		平面度	▱	无			垂直度	⊥	有
		圆度	○	无			倾斜度	∠	有
		圆柱度	⌭	无		定向	同轴（同心）度	◎	有
形状或位置	轮廓	线轮廓度	⌒	有或无			对称度	⌯	有
		面轮廓度	⌓	有或无			位置度	⌖	有或无
						跳向	圆跳动	↗	有
							全跳动	⌰	有

2. 形位公差的标注

（1）公差框格和基准

公差要求在矩形方框中给出，方框用细实线绘制，框高为图纸中字体高的两倍，方框由两格或多格组成。框格中从左到右填写以下内容：

① 公差特征项目的符号。

② 公差值。若公差带是圆形或圆柱形的，则在公差值前加注“ϕ”，若是球形则加注“$S\phi$”。

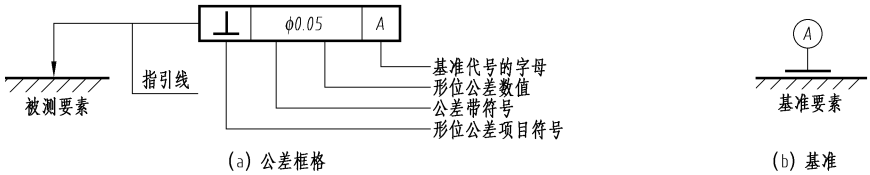
③ 用一个或多个字母表示基准要素或基准体系。

框格一端用带箭头的指引线与被测要素相连，如图 7-33（a）所示。

基准由基准字母表示，带小圆的大写字母用细实线与粗的短线段相连，如图 7-33（b）所示。为不致引起误解，不用 E、I、J、M、O、P、L、R、F 等字母。

（2）被测要素和基准要素的标注

当被测要素或基准要素为轮廓线或表面时，指引线的箭头及带字母的短线段应位于该要素的轮廓线或其延长线上，并应与尺寸线明显错开，如图 7-34 所示。



(a) 公差框格　　(b) 基准

图 7-33　公差框格和基准

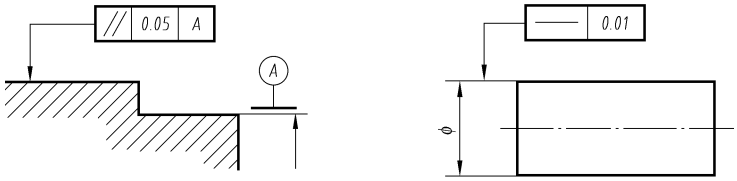
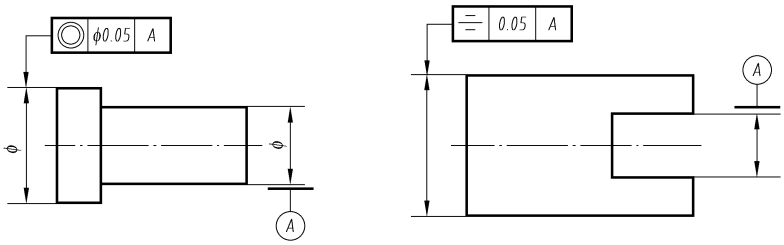


图 7-34　基准、被测要素为线或面

当被测要素或基准要素为中心要素（轴线、中心平面、中心点等）时，指引线的箭头及基准代号的连线应与该要素的尺寸线对齐，如图 7-35 所示。

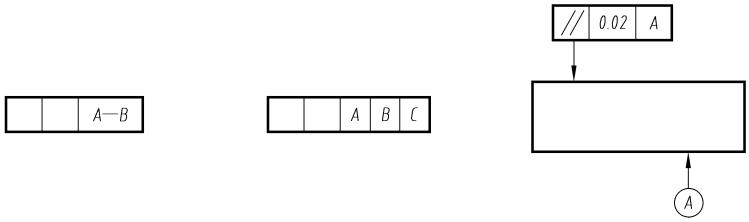


(a)　　(b)

图 7-35　基准、被测要素为轴线或中心平面

两个要素组成的公共基准和多个要素组成的基准体系，标注方法如图 7-36（a）和图 7-36（b）所示。

任选基准如图 7-36（c）所示。



(a) 两个要素组成的基准　　(b) 多个要素组成的基准体系　　(c) 任选基准

图 7-36　基准体系和任选基准的标注

形位公差的标注示例如图 7-37 所示。图中各形位公差的含义如下：

① ϕ100h6 外圆柱面对 ϕ45P7 孔的轴心线的圆跳动公差为 0.015。

② ϕ100h6 外圆柱面的圆度公差为 0.004。

③ 机件右端面对左端面的平行度公差为 0.01。

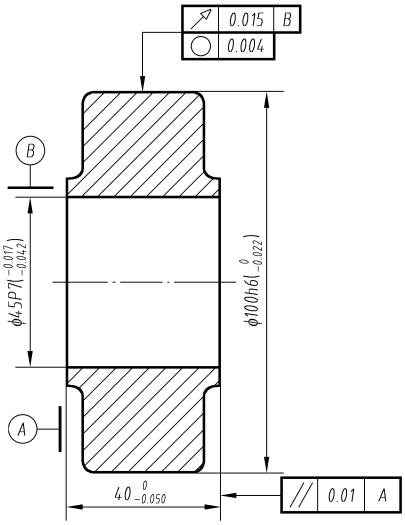


图 7-37　形位公差的标注示例

7.5　常见典型零件分析

零件的用途不同，其结构形状也是多种多样的，为了便于了解、研究零件，根据零件的结构形状，大致将其分为 4 类，即轴套类零件、轮盘类零件、叉架类零件、箱体类零件。下面对它们的表达方法和尺寸标注进行简要分析。

7.5.1　轴套类零件

1. 结构与用途分析

如图 7-38 所示的轴，属于轴套类零件。轴主要用来支承传动零件和传递动力。轴套类零件的基本形状是回转体，沿轴线方向通常有轴肩、倒角、螺纹、退刀槽、键槽、销孔、螺纹孔等结构要素。

2. 视图选择分析

这类零件一般在车床或磨床上加工，因此它们一般只有一个主视图，根据加工位置和反映轴向特征原则，将其轴线水平放置，再根据各部分结构特点，选用断面图或局部放大图。

3. 尺寸标注分析

轴的径向尺寸基准是轴的轴线，并注出各段轴的直径尺寸。ϕ50 轴段的右端面是轴的长度方向主要尺寸基准，由此注出 70、36 和键槽的位置尺寸 16。轴的右端面是轴的长度方向辅助尺寸基准，由此注出轴的总长尺寸 235 和尺寸 50、75，两基准之间的联系尺寸为 125。

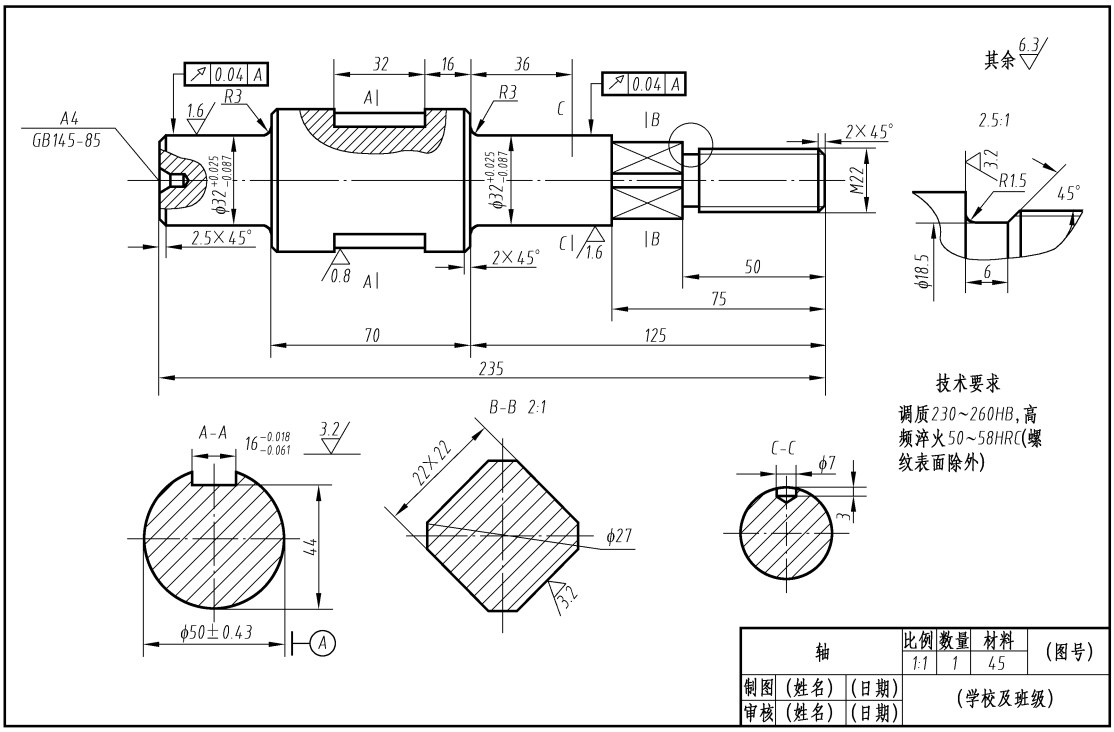


图 7-38　轴零件图

7.5.2　轮盘类零件

1. 结构与用途分析

如图 7-39 所示的法兰盘，属于轮盘类零件。轮一般用来传递动力和扭矩，盘主要起支承、轴向定位及密封等作用。盘类零件的结构形状特点是轴向尺寸小而径向尺寸较大，零件的主体多数是由同轴回转体构成的，也有主体形状是矩形的，并在径向分布有螺孔或光孔、销孔、轮辐等结构，如各种端盖、齿轮、带轮、手轮、链轮、箱盖等。

2. 视图选择分析

轮盘类零件的主视图是根据加工位置和表达轴向结构形状的原则选取的，轴线水平放置。该类零件一般需要两个主要视图，一个主视图和一个左视或右视图。这类零件的其他结构形状，如轮辐可用移出剖面或重合剖面表示。如果该零件是空心的，并且各视图均具有对称平面，可采用半剖；若无对称平面，可采用全剖或局部剖视图。

3. 尺寸标注分析

轮盘类零件的宽度和高度方向的基准都是回转轴线，长度方向的主要基准是经过加工的较大端面。圆周上均匀分布的小孔的定位圆直径是这类零件典型定位尺寸。

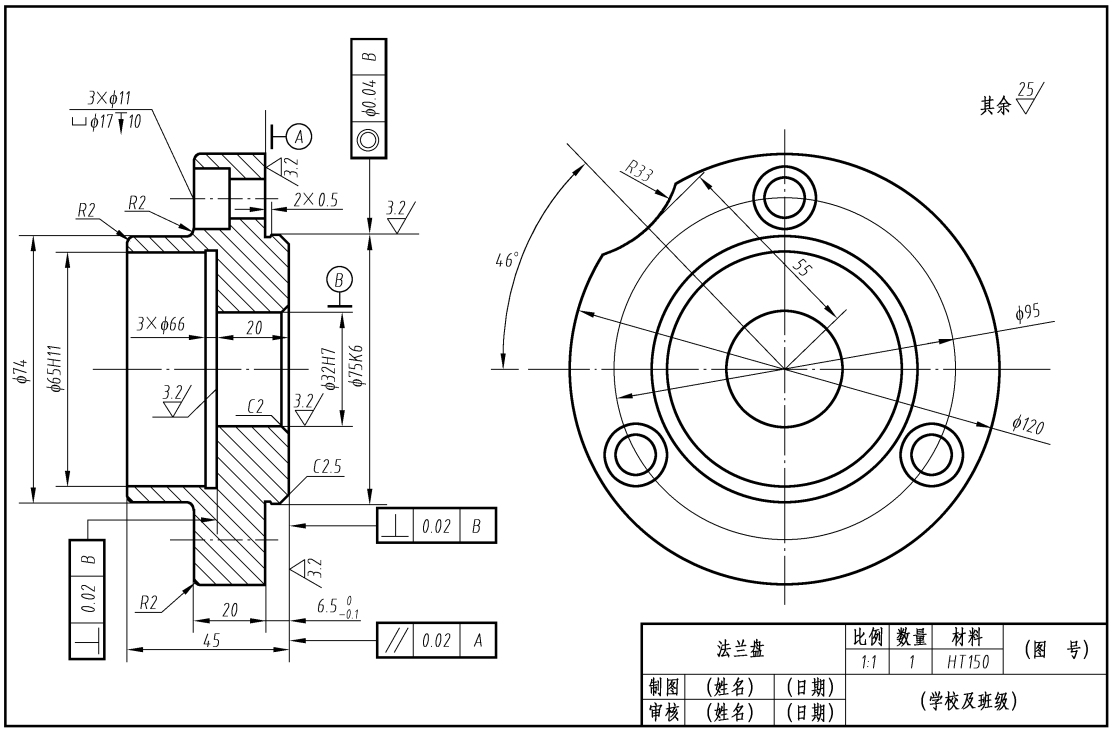


图 7-39　法兰盘零件图

7.5.3　叉架类零件

1. 结构与用途分析

如图 7-40 所示的弯臂，属于叉架类零件。这类零件包括各种用途的拨叉和支架。拨叉主要用在机床、内燃机等各种机器的操纵机构上，用来操纵机器和调节速度。支架主要起支承和连接作用。其特点是用一些实心杆件、肋将圆筒和底板连接起来。

2. 视图选择分析

因叉架类零件一般都是锻件或铸件，往往要在多种机床上加工，各工序的加工位置不尽相同。所以在选择主视图时，主要按形状特征和工作位置确定。

这类零件的结构形状较为复杂且不太规则，一般都需要两个以上视图。某些不平行于投影面的结构形状，常采用斜视图、斜剖视图和断面图表达，对一些内部结构形状可采用局部剖视，也可采用局部放大图表达其较小结构。

3. 尺寸标注分析

叉架类零件在长、宽、高三个方向的主要基准一般为孔的中心线（或轴线）、对称平面和较大的加工面。定位尺寸较多，孔的中心线（或轴线）之间、孔的中心线（或轴线）到平面及平面到平面间的距离一般都要注出。

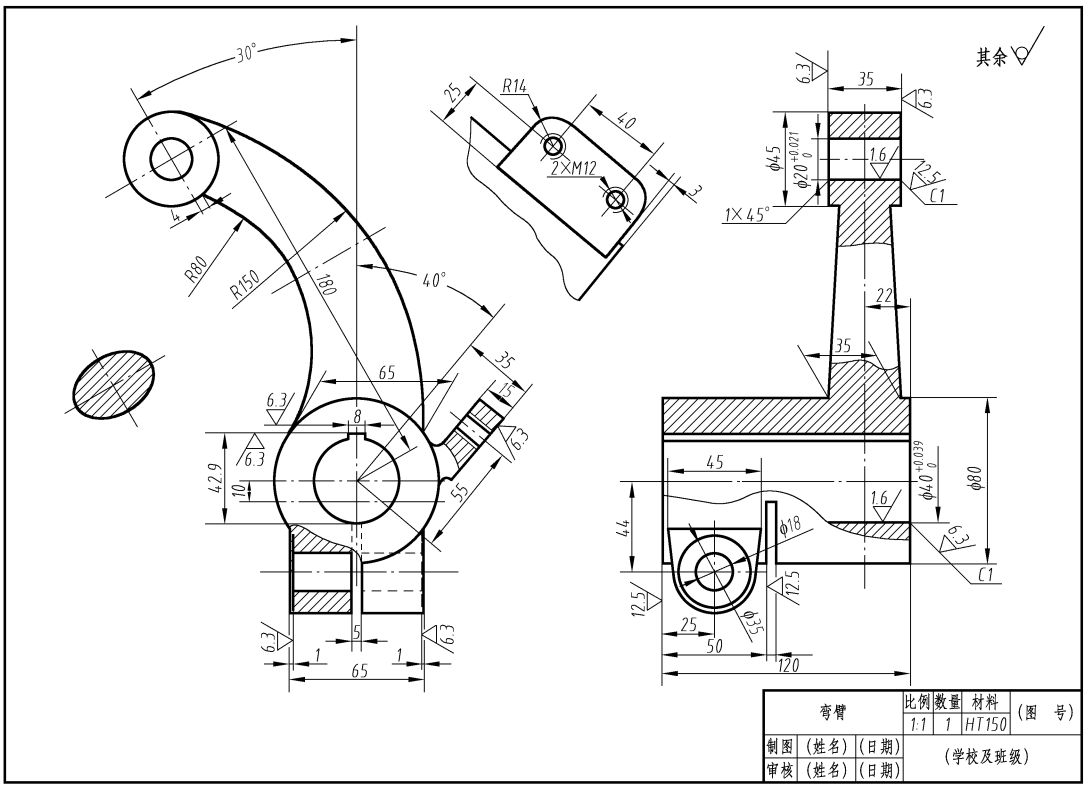


图 7-40　弯臂零件图

7.5.4　箱体类零件

1. 结构与用途分析

如图 7-41 所示的座体属于箱体类零件。箱体类零件一般是机器或部件的主体部分，它起着支承、包容其他零件的作用，因此多为中空的壳体，并有轴承孔、凸台、肋板、底板、连接法兰，以及箱盖、轴承端盖的连接螺孔等，其结构形状复杂，一般多为铸件。

2. 视图选择分析

箱体类零件的加工工序较多，装夹位置又不固定，因此一般均根据工作位置和特征原则选择主视图，其他视图至少有两个。如果外部结构形状简单，内部形状复杂，并且具有对称平面，可采用半剖；如果外部形状复杂，内部形状简单，并且具有对称平面，可采用局部剖视或用虚线表示。如果内外部结构形状都较复杂，则投影不重叠时，可采用局部剖视图，重叠时，内外部结构形状应分别表达。对局部内外部结构形状可采用局部视图、局部剖视和剖面来表达。箱体零件上常常会出现一些截交线和相贯线。由于该类零件多为铸件，所以经常会出现过渡线，要认真分析。

3. 尺寸标注分析

箱体类零件的长、宽、高三个方向的主要基准为中心线、轴线、对称平面和较大的加工

平面。因这类零件结构形状复杂，定位尺寸多，所以各孔中心线（或轴线）间的距离一定要直接注出来。

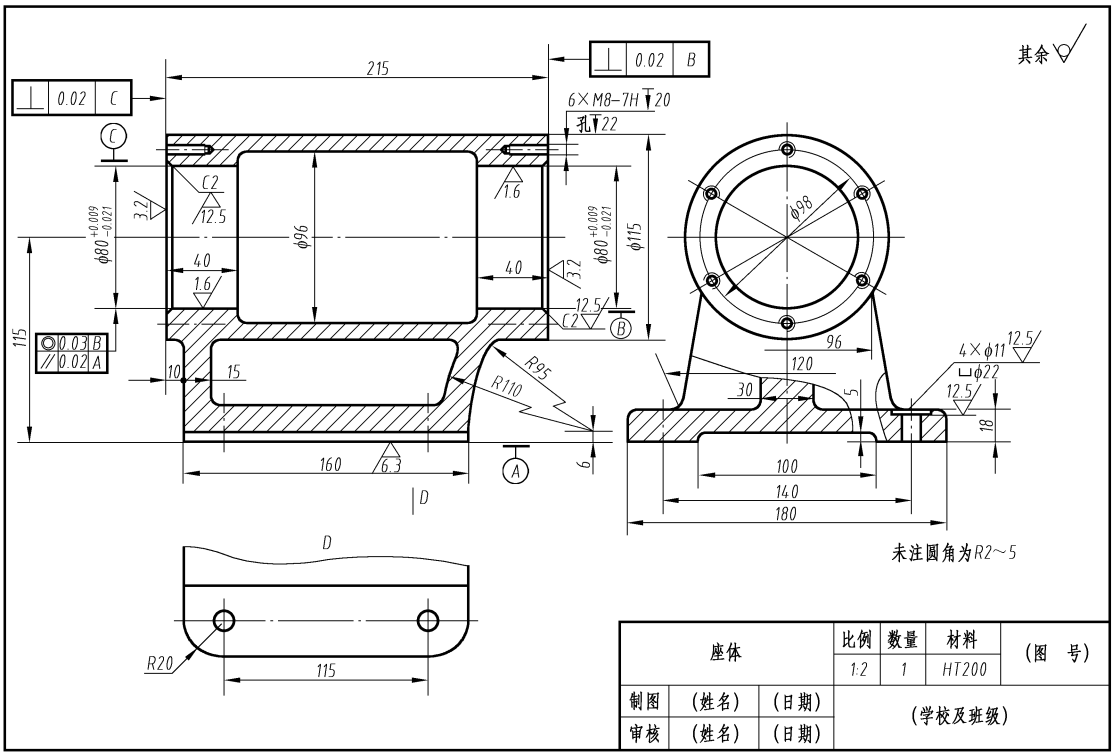


图 7-41　座体零件图

7.6　零件上常见的工艺结构

零件的结构形状，不仅要满足零件在机器中使用的要求，而且在制造零件时还要符合制造工艺的要求。下面介绍一些常见的工艺结构。

7.6.1　铸造零件的工艺结构

1. 拔模斜度

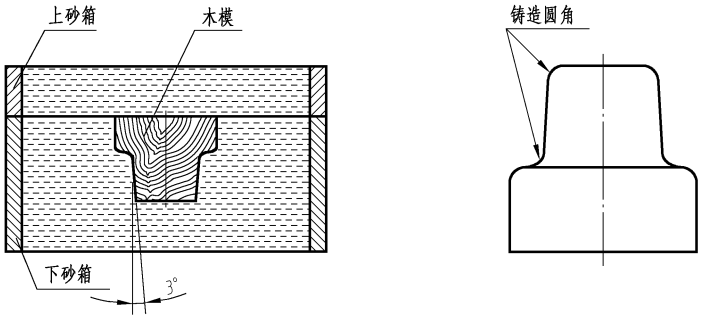
在铸件造型时为了便于拔出木模，在木模的内、外壁沿拔模方向做成 1∶20 的斜度，称为拔模斜度，如图 7-42（a）所示。

在画零件图时，拔模斜度可不画出、不标注，必要时在技术要求或图形中注明。

2. 铸造圆角及过渡线

为了便于铸件造型时拔模，防止铁水冲坏转角处，以及冷却时产生缩孔和裂缝，将铸件（或锻造件）的转角处制成圆角，这种圆角称为铸造（锻造）圆角，如图 7-42（b）所示。

画图时应注意毛坯面的转角处都应有圆角，若为加工面，由于圆被加工掉了，因此要画成尖角。



(a) 拔模斜度　　(b) 铸造圆角

图 7-42　拔模斜度和铸造圆角

由于铸件或锻造件毛坯表面的转角处有圆角，其表面交线模糊不清，为了看图和区分不同的表面仍然要画出交线来，但交线两端空出不与轮廓线的圆角相交，这种交线称为过渡线，如图 7-43 所示。

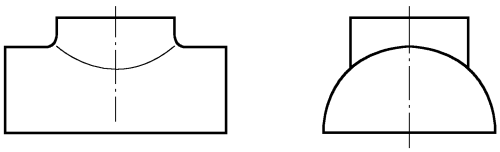
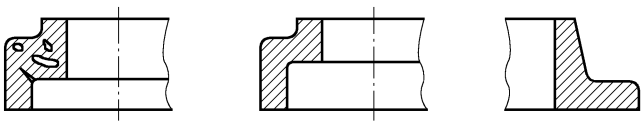


图 7-43　过渡线的画法

3. 铸造壁厚

在浇注铸型时，为避免各部分因铁水冷却速度不同而产生缩孔和裂纹，铸件的壁厚应保持均匀，可逐渐过渡，如图 7-44 所示。



(a) 壁厚不均匀　　(b) 壁厚均匀　　(c) 壁厚逐渐过渡

图 7-44　铸造壁厚

7.6.2　零件机械加工工艺结构

1. 倒角和倒圆

为了便于装配及操作安全，常在轴、孔的端部加工出倒角。常见倒角为 45°，也有 30°或 60°的倒角。为避免阶梯轴轴肩的根部因应力集中而容易断裂，将轴肩根部加工成圆角过

渡，称为倒圆。倒角和倒圆的尺寸标注方法如图 7-45 所示，倒角和倒圆的大小可根据轴（孔）直径查阅机械零件设计手册。

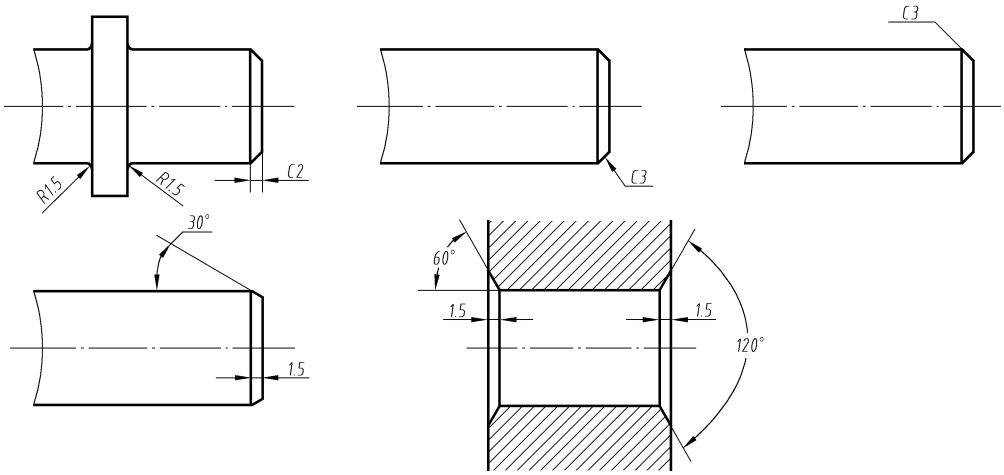


图 7-45　倒角和倒圆的画法与尺寸注法

2. 退刀槽和砂轮越程槽

车削加工和磨削加工时，为了便于退出刀具或使砂轮能稍微超过磨削部位，常在被加工部位的终端加工出退刀槽或砂轮越程槽，如图 7-46 所示，其结构和尺寸可根据轴（孔）直径，查阅机械零件设计手册。其尺寸可按“槽宽 × 槽深”或“槽宽 × 直径”的形式注出。

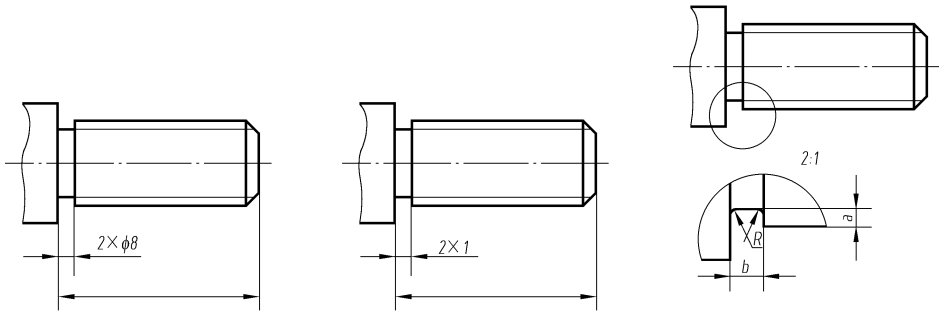


图 7-46　退刀槽和砂轮越程槽

3. 凸台与凹坑

为保证零件表面接触良好和减少加工面积，可在接触处做出凸台或锪平成凹坑，如图 7-47 所示。

4. 钻孔结构

钻孔时，要求钻头尽量垂直于孔的端面，以保证钻孔准确和避免钻头折断，对斜孔和曲面上的孔，应先制成与钻头垂直的凸台或凹坑，如图 7-48 所示。

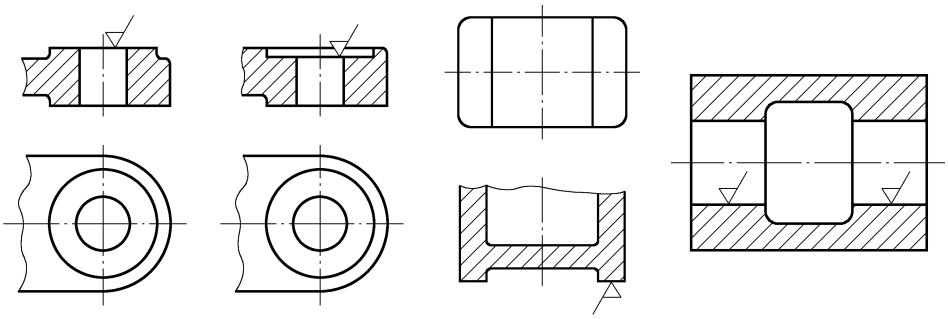


图 7-47　凸台与凹坑

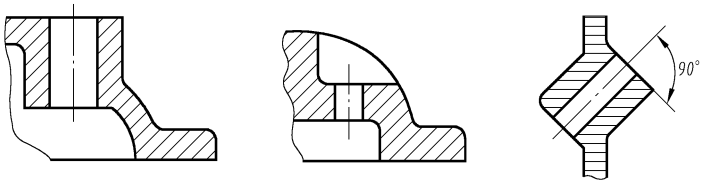


图 7-48　钻孔结构

7.7　读零件图

在零件设计制造、机器安装、机器的使用和维修及技术革新、技术交流等工作中，常常要读零件图。读零件图的目的是为了弄清零件图所表达零件的结构形状、尺寸和技术要求，以便指导生产和解决有关的技术问题，这就要求工程技术人员必须具有熟练阅读零件图的能力。

7.7.1　读零件图的基本要求

① 了解零件的名称、用途和材料。

② 分析零件各组成部分的几何形状、结构特点及作用。

③ 分析零件各部分的定形尺寸和各部分之间的定位尺寸。

④ 熟悉零件的各项技术要求。

⑤ 初步确定零件的制造方法（在制图课中可不作此要求）。

7.7.2　读零件图的方法和步骤

1. 概括了解

从标题栏内了解零件的名称、材料、比例等，并浏览视图，可初步得知零件的用途和形体概貌。如图 7-49 所示，阀体为箱体类零件，结构形状较复杂，材料为铸铝，铸造成毛坯后，经必要的机械加工而成。

2. 详细分析

（1）分析表达方案

分析零件图的视图布局，找出主视图、其他基本视图和辅助视图所在的位置。根据剖

视、断面的剖切方法、位置，分析剖视、断面的表达目的和作用。如图 7-49 所示，阀体的主视图为 $A-A$ 全剖视图，表示了阀体空腔与交叉两孔（$\phi16$、$\phi25$）轴线的位置。左视图采用 $B-B$ 全剖视图，反映空腔与在一轴线上两孔（$\phi16$、$\phi20$）的关系。俯视图采用局部剖视图，既反映阀体壁厚，又保留部分外形。C 向及 D 向视图反映了两端凸缘的不同形状。通过上述分析，对阀体的轮廓应有了初步的概念。

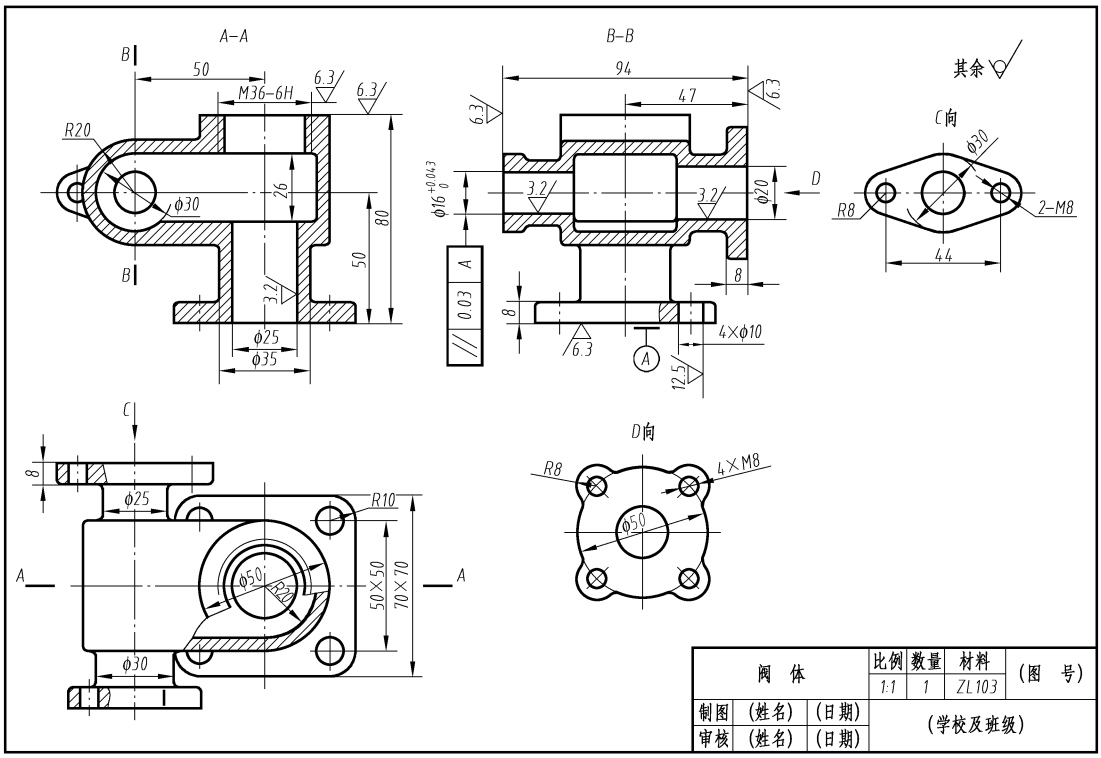


图 7-49　阀体零件图

（2）分析形体、想象零件的结构形状

这一步是看零件图的重要环节。先从主视图出发，联系其他视图，利用投影关系进行分析。一般先采用形体分析法逐个弄清零件各部分的结构形状。对某些难于看懂的结构，可运用线面分析法进行投影分析，彻底弄清它们的结构形状和相互位置关系，最后想象出整个零件的结构形状。在进行这一步分析时，往往还须结合零件结构的功能来进行，使分析更加容易。阀体实体图如图 7-50 所示。

图 7-50　阀体实体图

（3）分析尺寸

先找出零件长、宽、高三个方向的尺寸基准，然后从基准出发，搞清楚哪些是主要尺寸，再用形体分析法找出各部分的定形尺寸和定位尺寸。在分析中要注意检查是否有多余的尺寸和遗漏的尺寸，并检查尺寸是否符合设计和工艺要求。如图 7-49 所示，阀体长度方向的尺寸以平面 M

作为基准，宽度方向尺寸以通过孔 $\phi25$ 的轴心线的平面 N 作为基准，高度方向的基准为底平面 A，其他尺寸可根据基准自行分析。

（4）分析技术要求

分析零件的尺寸公差、形位公差、表面粗糙度和其他技术要求，弄清楚零件的哪些尺寸要求高，哪些尺寸要求低，哪些表面要求高，哪些表面要求低，哪些表面不加工，以便进一步考虑相应的加工方法。如图 7-49 所示，阀体中 $\phi16_{0}^{+0.043}$ 孔的精度和表面粗糙度要求较其他孔和面高，孔的轴线要求与底面 A 平行。

3. 归纳总结

综合前面的分析，把图形、尺寸和技术要求等全面系统地联系起来思索，并参阅相关资料，得出零件的整体结构、尺寸大小、技术要求及零件的作用等完整的概念。

必须指出，在看零件图的过程中，上述步骤不能把它们机械地分开，往往是交叉进行的。另外，对于较复杂的零件图，往往要参考有关技术资料，如装配图、相关零件的零件图及说明书等，才能完全看懂。对于有些表达不够理想的零件图，需要反复仔细地分析，才能看懂。

7.8 零件测绘

根据已有的零件，不用或只用简单的绘图工具，用较快的速度，徒手画出零件的视图，测量并注上尺寸及技术要求，得到零件草图，然后参考有关资料整理绘制出供生产使用的零件工作图。这个过程称为零件测绘。

零件测绘对推广先进技术、改造现有设备、修配零件等都有重要作用。因此，零件测绘是实际生产中的重要工作之一，是工程技术人员必须掌握的制图技能。

7.8.1 画零件草图

1. 分析零件

为了把被测零件准确、完整地表达出来，应先对被测零件进行认真分析，了解零件的类型、在机器中的作用、所使用的材料及大致的加工方法。

2. 确定零件的视图表达方案

关于零件的表达方案，前面已经讨论过。需要重申的是，一个零件，其表达方案并非是唯一的，可多考虑几种方案，选择最佳方案。

3. 画出零件草图

零件的表达方案确定后，便可按下列步骤画出零件草图：

① 确定绘图比例。根据零件大小、视图数量、现有图纸大小，确定适当的比例。

② 定位布局。根据所选比例，粗略确定各视图应占的图纸面积，在图纸上作出主要视图的作图基准线、中心线。注意留出标注尺寸和画其他补充视图的地方。

③ 详细画出零件的内外结构和形状。注意各部分结构之间的比例应协调。

④ 检查、加深有关图线。

⑤ 画尺寸界线、尺寸线。将应该标注的尺寸的尺寸界线、尺寸线全部画出。集中测量、注写各个尺寸。注意最好不要画一个，量一个，注写一个。这样不但费时，而且容易将某些尺寸遗漏或注错。

⑥ 制定并注写技术要求。根据实践经验或用样板比较，确定表面粗糙度。查阅有关资料，确定零件的材料、尺寸公差、形位公差及热处理等要求。

⑦ 最后检查、修改全图并填写标题栏，完成草图。

7.8.2 画零件工作图

由于绘制零件草图时，往往受地点条件的限制，有些问题有可能处理得不够完善，因此在画零件工作图时，还需要对草图进一步检查和校对，然后用仪器或计算机画出零件工作图，经审核批准后，整个零件测绘的工作就完成了。

7.8.3 测量工具及零件尺寸的测量

在零件测绘中，常用的测量工具有直尺、内卡钳、外卡钳、游标卡尺、内径千分尺、外径千分尺、高度尺、螺纹规、圆弧规、量角器、曲线尺、铅丝和印泥等。

对于精度要求不高的尺寸，一般用直尺、内外卡钳等即可，精确度要求较高的尺寸，一般用游标卡尺、千分尺等精度较高的测量工具。特殊结构，一般要用特殊工具如螺纹规、圆弧规、曲线尺来测量。

下面介绍几种常见的测量方法。

（1）测量长度尺寸

长度尺寸一般可用直尺或游标卡尺直接测量。

（2）测量直径

一般直径尺寸，用内、外卡钳和直尺配合测量即可。较精确的直径尺寸，多用游标尺或内、外千分尺测量。

（3）测量壁厚

若遇用卡钳或卡尺不能直接测出壁厚情况，可采用其他方法测量计算得出壁厚。

（4）测量深度

深度尺寸可用游标卡尺或直尺进行测量，也可用专用的深度游标尺测量。

（5）测量圆弧及螺距

测量较小的圆弧，可直接用圆弧规。测量大的圆弧，可用拓印法、坐标法等方法。螺距可用螺纹规直接测量，也可用其他方法测量。

（6）测量角度

角度可用游标量角器测量。

（7）测量曲线、曲面

测量平面曲线，可用纸拓印其轮廓，再测量其形状尺寸。测量曲线回转面的母线，可用铅丝弯成与其曲面相贴的实形，得平面曲线，再测出其形状尺寸。一般的曲线和曲面都可用直尺和三角板定出曲线或曲面上各点的坐标，作出曲线再测出其形状尺寸。

7.8.4 测绘注意事项

① 测量尺寸时，应正确选择测量基准，以减少测量误差。零件上磨损部位的尺寸，应参考其配合的零件的相关尺寸，或者参考有关的技术资料予以确定。

② 零件间相配合结构的基本尺寸必须一致，并应精确测量，查阅有关手册，给出恰当的尺寸偏差。

③ 零件上的非配合尺寸，如果测得为小数，则应圆整为整数标出。

④ 零件上的截交线和相贯线，不能机械地照实物绘制，因为它们常常由于制造上的缺陷而被歪曲。画图时要分析它们是怎样形成的，然后用学过的相应方法画出。

⑤ 要重视零件上的一些细小结构，如倒角、圆角、凹坑、凸台、退刀槽、中心孔等。如系标准结构，在测得尺寸后，应参照相应的标准查出其标准值，注写在图纸上。

⑥ 对于零件上的缺陷，如铸造缩孔、砂眼、加工的疵点、磨损等，不要在图上画出。

第 8 章 装配图简介

【学习目标】

- 了解装配图所包含的内容，熟练掌握装配图的表达方法。
- 熟练掌握装配图的识图方法。
- 了解装配图的测绘内容。

【教学目标】

- 知识目标：了解装配图的作用和内容，掌握装配图常用的表达方法及装配体的视图选择原则，能正确阅读装配图，熟悉部件测绘的方法和步骤。
- 能力目标：通过理论知识的学习和应用，培养综合运用能力。

【教学重点】

装配图的表达方法、识读装配图。

【教学难点】

由装配图拆画零件图。

【教学方法】

图解法、分析法、练习法。

8.1 装配图的表达方法

8.1.1 装配图的作用

装配图是表达机器或部件中零件间的相对位置、连接方式、装配关系的图样。在设计新产品或改进原有产品时，一般都要画出它的装配图，根据装配图画出零件图，零件制成后，再按照装配图来装配成机器或部件。因此装配图可以表达设计意图、部件或机器的工作原理、零件间的装配关系，它是检验、安装和维修机器时的重要技术文件。

8.1.2 装配图的内容

一张完整的装配图，包括以下 4 个方面的内容。

① 一组视图。用一组视图完整、清晰、准确地表达出机器（或部件）的工作原理，各

零件相对位置、装配关系及连接方式和重要零件的的形状结构。

② 必要的尺寸。装配图上只需要标明装配体的规格、性能、总体大小、各零件间的配合关系、安装等尺寸。

③ 技术要求。用符号或文字说明装配体在装配、检验、调试时必须满足的技术条件和要求。

④ 零件序号、明细栏和标题栏。说明零件的序号、名称、数量和材料等有关事项。

8.1.3 装配图的表达方法

零件图的各种表达方法，如视图、剖面图、断面图、简化画法、规定画法等，同样适用于装配图。但零件图主要是为了表达零件的结构形状，而装配图用来表示部件的工作原理、装配关系，以及零件的主要结构形状。因此，国家标准《机械制图》对装配图中的表达方法还规定了一些画法和特殊表达方法。

1. 装配图的规定画法

零件的接触面或配合面，规定只画一条线，如图 8-1 中的轴与轴承、轴承与机座等接触面。对于非接触面、非配合表面，即使间隙再小，也必须画两条线，如图 8-1 中的端盖与轴、键与轮上的键槽等。

相邻两零件的剖面线倾斜方向应相反。若相邻零件多于两个，则应以不同间隔与相邻零件相区别。同一零件在各个视图上的剖面线方向和间隔应一致。

当剖切平面通过标准件和实心零件的轴线时，如螺纹紧固件、键、销、轴、杆等，这些零件不画剖面线，但需要特别表明键槽、销孔等零件的构造，也可采用局部视图，如图 8-1 所示。

2. 装配图的特殊表达方法

（1）拆卸画法

在装配图中，当某个或某几个零件遮住了需要表达的其他结构或装配关系，而这个或这几个零件在其他视图中已表示清楚时，可假想将其拆去，只画出所要表达结构的视图，此时应在该视图的上方加注“拆去××等”，这种画法称为拆卸画法。滑动轴承轴测图如图 8-2 所示，在图 8-3 滑动轴承装配图中，俯视图就是按这种方法画出的，图中结合面上不画剖面线。

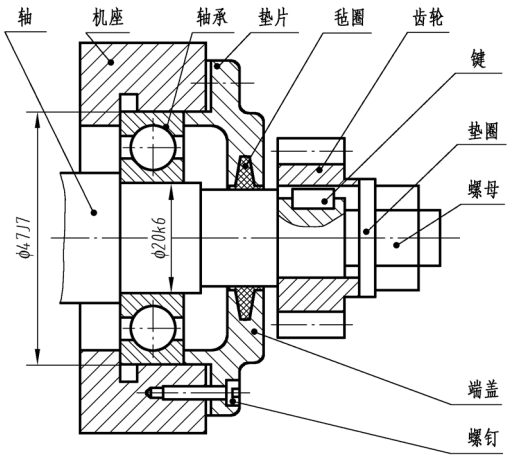


图 8-1　机座部分装配图

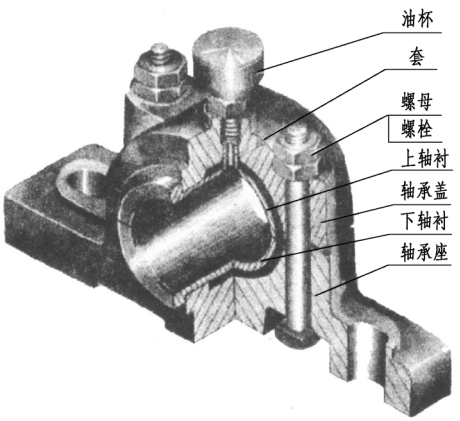


图 8-2　滑动轴承轴测图

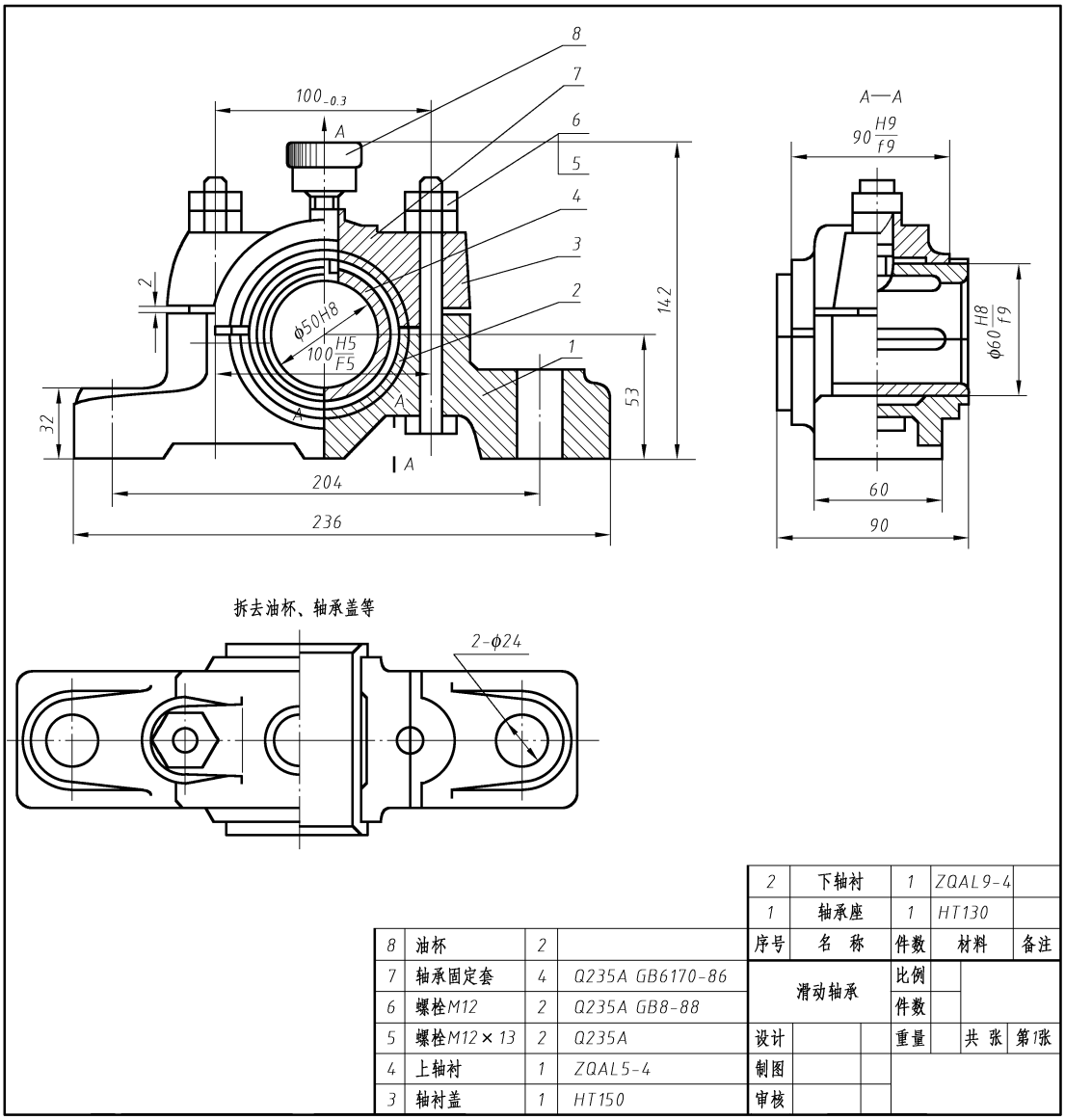


图 8-3　滑动轴承装配图

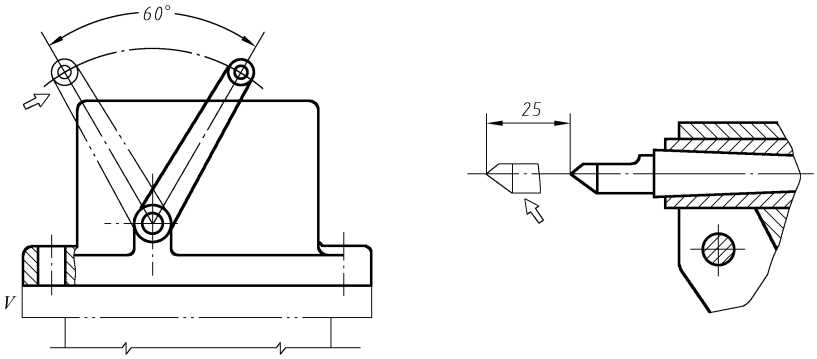
（2）假想画法

当需要表达运动零件的运动范围或极限位置时，可将运动件画在一个极限位置或中间位置上，另一个极限位置用双点划线画出。例如，图 8-4（a）中手柄的运动范围和图 8-4（b）中铣床顶尖的轴向运动范围都是用双点画线画出的。

（3）简化画法

① 在装配图中，零件的工艺结构如圆角、倒角和退刀槽等可不画出。

② 在装配图中，螺母、螺栓、螺钉头部可采用简化画法。



(a) 手柄　　(b) 铣床顶尖

图 8-4　假想画法

③ 在装配图中，对于若干相同零件组，允许详细地画出一处或几处，其余则以中心线或轴线表示其位置，如图 8-5 所示。

④ 滚动轴承也可采用简化画法，如图 8-6 所示。

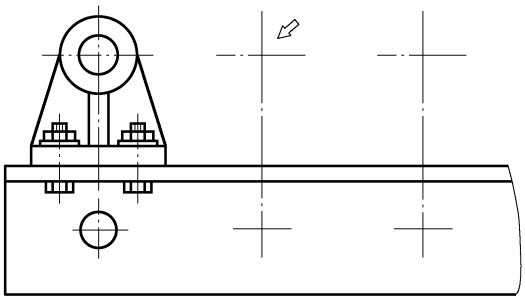


图 8-5　相同零件组的简化画法

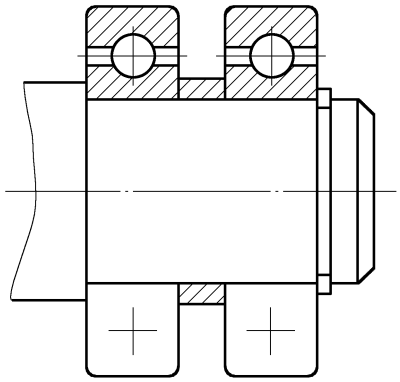


图 8-6　滚动轴承简化画法

（4）夸大画法

对于装配图中较小的间隙、垫片和弹簧等细小部位，允许将其涂黑代替剖面符号或适当加大尺寸画出，如图 8-7 所示。

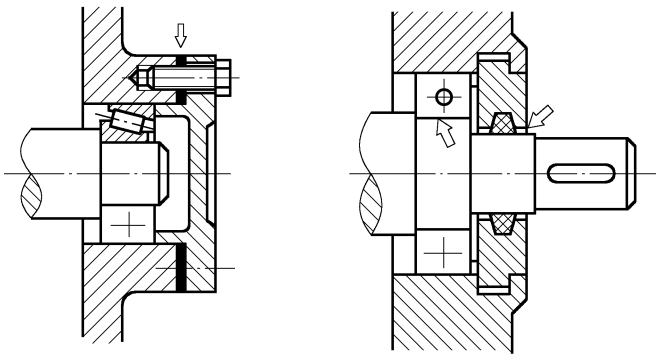


图 8-7　夸大画法

（5）展开画法

为了表示部件传动机构的传动路线及各轴之间的装配关系，可按传动顺序沿轴线剖开，并将其展开画出。在展开剖视图的上方应注上“×－×展开”。图 8-6 所示的挂轮架装配图便采用了展开画法。

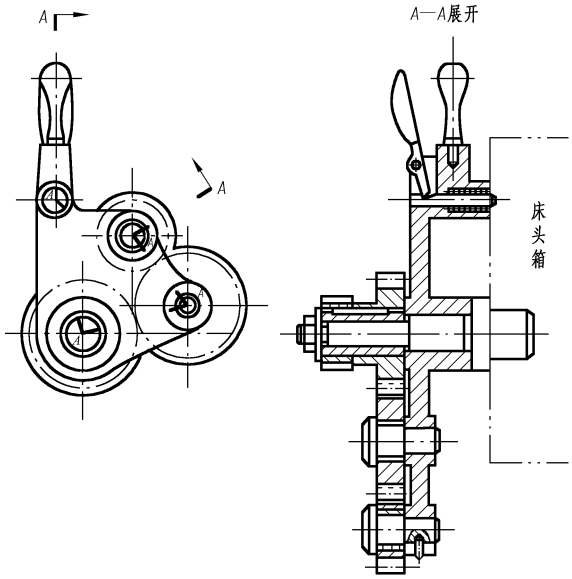


图 8-8　展开画法

8.2　装配图的尺寸标注、零件编号及明细表

8.2.1　装配图的尺寸标注

根据装配图的作用，在装配图上不必注出零件的全部尺寸，只需要注出以下几方面必要的尺寸和技术要求。

（1）规格、性能尺寸

规格、性能尺寸是表明装配体性能和规格的尺寸，它是设计和用户选用产品的主要依据，如图 8-3 滑动轴承装配图中的轴承孔尺寸，就是滑动轴承的规格尺寸。

（2）装配尺寸

装配尺寸是表明部件内部零件间装配关系的尺寸，它包括配合尺寸、相对位置尺寸和零件间的连接尺寸。配合尺寸是表示零件间有配合要求的尺寸，如 60H7/f6、ϕ45H7/k6 等。相对位置尺寸是表示零件间和部件间安装时必须保证其相对位置的尺寸，如两齿轮的中心距等。零件间的连接尺寸是指如连接用的螺钉、螺栓和销等的定位尺寸。

（3）安装尺寸

安装尺寸是将机器安装在基础上或将部件装配在机器上所使用的尺寸，如图 8-3 滑动轴承装配图中的孔 ϕ24 和孔距尺寸 204。

（4）外形尺寸

外形尺寸是指机器或部件的外形轮廓尺寸，即总长、总宽和总高，如图 8-3 滑动轴承

装配图中的尺寸236、90、142。它们也是机器在包装、运输、安装和厂房设计时需要的尺寸。

（5）其他重要尺寸

其他重要尺寸是根据装配体的结构特点和需要，必须标注的尺寸，如运动零件的极限尺寸、重要零件间的定位尺寸等。

以上几类尺寸，并不是在每张装配图上都要全部注出。有时一个尺寸可能有几种含义，所以对装配图的尺寸要具体分析后再进行标注。

（6）技术要求

装配图的技术要求是指装配时的调整及加工说明、试验和检验的有关数据、技术性能指标及维护保养、使用注意等事项的说明。一般用文字写在明细栏上方或图纸下方空白处。

8.2.2 装配图的零件编号和明细表

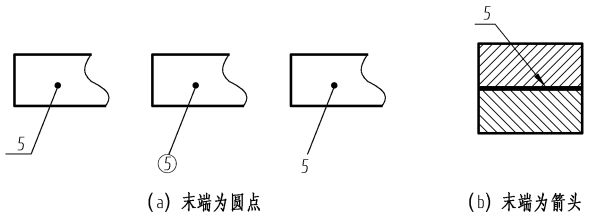
为了便于识图、装配零部件和管理图样，装配图上必须对于每种零部件进行编号，这种编号称为零部件序号。装配图上应根据序号编制相应的零件明细栏。

1. 装配图中的零部件序号

装配图中所有的零部件都必须编写序号，而且要与明细栏中的序号保持一致。

装配图中一个零部件一般只编写一个序号，必要时多处出现的相同零部件允许重复采用相同的序号标注。

零件序号和所指零件之间用指引线连接，指引线应自所指部分的可见轮廓处引出，并在末端画一圆点，如图8-9（a）所示。若所指部分轮廓内不便画圆点，可在指引线末端画一箭头，并指向该部分的轮廓，如图8-9（b）所示。



(a) 末端为圆点　　(b) 末端为箭头

图8-9　序号编写方法

装配图中的一组紧固件及装配关系清楚的零件组，可以采用公共指引线，如图8-10所示。

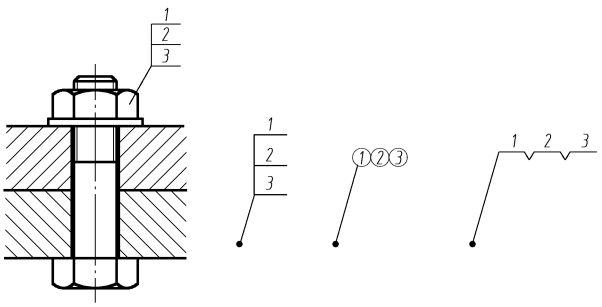


图8-10　公共指引线

零件的序号应沿水平或垂直方向按顺时针或逆时针方向排列，序号间隔应尽可能相等。零件序号的指引线不得互相交叉，不得与零件剖面线平行。

2. 标题栏及明细表

（1）标题栏（GB/T 10609. 1—2008）

装配图中标题栏格式与零件图中相同。

（2）明细栏（GB/T 10609. 2—1989）

明细栏按 GB/T 10609. 2—1989 规定绘制，如图 8-11 所示。填写明细栏时要注意以下问题。

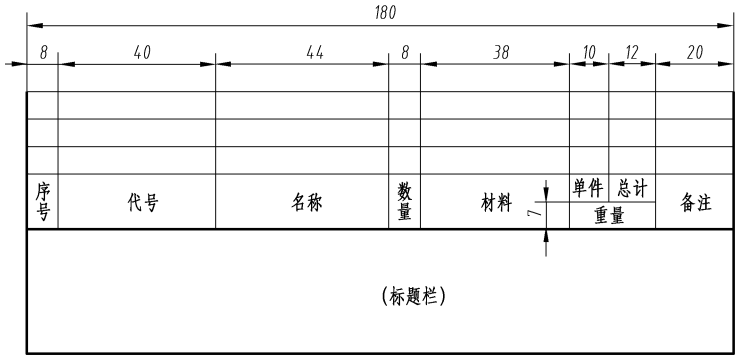


图 8-11　标题栏与明细栏

① 零件明细栏一般放在标题栏上方，并与标题栏对齐。

② 序号按自下而上的顺序填写，如向上延伸位置不够，可紧靠标题栏左边自下而上延续。

③ 备注栏可填写该项的附加说明或其他有关的内容。

8.3　识读装配图

8.3.1　识读装配图的基本要求

① 了解部件的名称、用途、性能和工作原理。

② 弄清各零件间的相对位置、装配关系和装拆顺序。

③ 弄懂各零件的结构形状及作用。

8.3.2　识读装配图的基本方法和步骤

1. 读标题栏及明细栏

由标题栏和明细栏可了解装配体名称、图形比例及零件的名称、种类、材料、数量，并可通过对全图的浏览初步认识该机器或部件的大致用途和装配情况。

2. 分析视图，弄懂工作原理和零件间的装配关系

根据视图间的投影关系和明细栏分清图中各零件的位置，弄清机器或部件内部结构和外形。

分析工作原理时，有时还需要阅读产品说明书和相关资料。

分析装配关系时，要弄清各零件间的连接方式、配合关系、运动关系及密封关系。

3. 分析零件的结构形状

利用装配图的表达方法和投影关系，将零件的投影从视图中分离出来，读懂零件的基本结构形状和作用。

4. 分析尺寸，了解技术要求

分析尺寸。找出装配图中的性能（规格）尺寸、装配尺寸、安装尺寸、外形尺寸和其他重要尺寸。

技术要求是指用文字说明的机器或部件在装配后达到的要求，以及对装配体的工作性能、调试与检验等要求。

8.3.3 识读装配图示例

例 8-1 识读球阀装配图。图 8-12 是球阀轴测图，图 8-13 是球阀装配图。

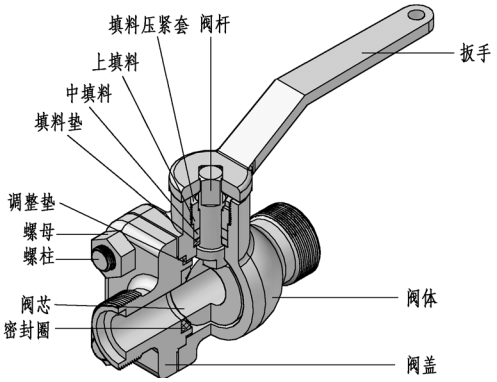


图 8-12 球阀轴测图

（1）概括了解

如图 8-13 所示，由标题栏、明细栏可知，该图所表达的是管路附件——球阀，它主要由阀盖、阀体和阀芯组成。该阀共由 13 种零件组成。球阀的主要作用是控制管路中流体的流通量。从其作用及技术要求可知，密封结构是该阀的关键部位。

（2）分析各视图及其所表达的内容

球阀装配图由 3 个基本视图表达。主视图采用全剖视，表达各零件之间的装配关系。左视图采用拆去扳手的半剖视图，表达球阀的内部结构及阀杆凸缘的外形。俯视图采用局部剖视，主要表达球阀的外形。

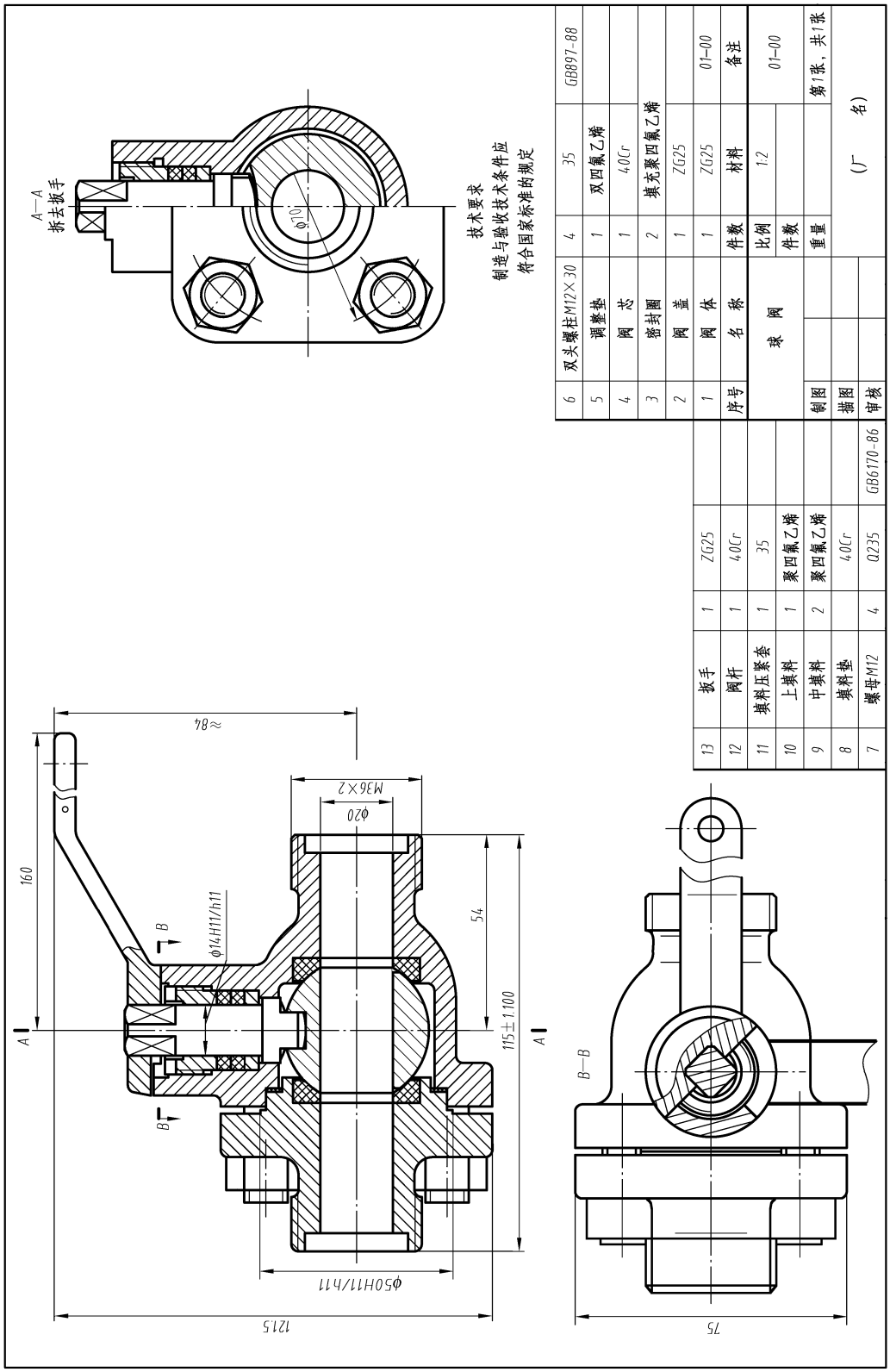

A—A
拆去扳手
技术要求
制造与验收技术条件应
符合国家标准的规定
B—B
A
B
160
≈84
φ14H11/h11
M36×2
φ20
54
115±1.100
φ50H11/h11
121.5
75
序号 名称 件数 材料 备注
6 双头螺柱M12×30 4 35 GB897-88
5 调整垫 1 双四氟乙烯
4 阀　芯 1 40Cr
3 密封圈 2 填充聚四氟乙烯
2 阀　盖 1 ZG25
1 阀　体 1 ZG25 01-00
球　阀
比例 1:2 01-00
重量 第1张，共1张
制图
描图
审核
(厂　名)
13 扳手 1 ZG25
12 阀杆 1 40Cr
11 填料压紧套 1 35
10 上填料 1 聚四氟乙烯
9 中填料 2 聚四氟乙烯
8 填料垫 40Cr
7 螺母M12 4 Q235 GB6170-86

图8-13　球阀装配图

（3）弄懂工作原理和零件间的装配关系

① 工作原理：球阀的阀芯处于图 8-13 中的位置时，阀门全部开启，管道畅通。扳手按顺时针方向旋转 90°，阀门全部关闭，管道断流。

② 各零件之间的装配关系和连接方式：阀体 1 和阀盖 2 的凸缘部分相贴，并用 4 个双头螺柱和螺母连接。阀芯定位于阀体内腔，阀芯上的凹槽与阀杆下部的凸榫配合，阀杆上部的四棱柱与扳手的方孔结合。通过转动扳手带动阀芯旋转，以控制球阀的开启和关闭。

③ 密封关系：阀芯 4 通过两个密封圈 3 和调整垫 5 密封，阀体与阀杆之间通过填料垫 8 和填料 9、10 密封，并用压紧套 11 压紧。

（4）分析零件的结构形状

利用装配图的表达方法和投影关系，将零件的投影从重叠的视图中分离出来，读懂零件的基本结构形状和作用。

以图 8-13 中的阀芯为例，从装配图的主、左视图中，根据剖面线的方向和间隔，将阀芯的投影轮廓分离出来，根据球阀的工作原理及阀杆与阀芯的装配关系，完整想象出阀芯的形状，如图 8-14 所示。

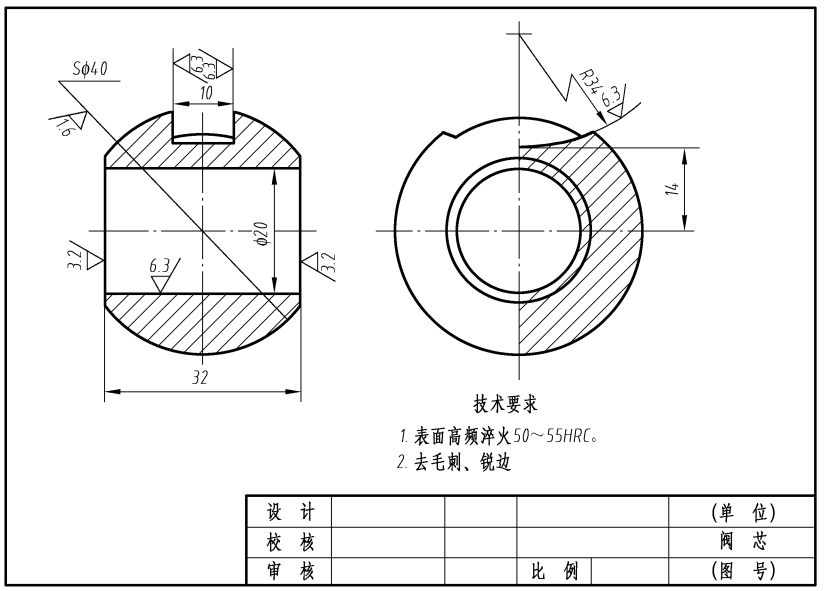


图 8-14　阀芯

（5）分析尺寸，了解技术要求

读懂装配图中的必要尺寸，分析装配过程中或装配后达到的技术要求，以及对装配体的工作性能、调试与检验等方面的要求。装配图中的必要尺寸包括：ϕ20 为阀的管径，是规格性能尺寸，ϕ14H11/d11、ϕ50H 11/h11 为装配尺寸，115、75、121.5 为总体尺寸等。

用文字说明制造与验收时的技术要求。

例 8-2　识读机用虎钳装配图。图 8-15 是机用虎钳轴测图，图 8-16 是机用虎钳装配图。

（1）概括了解

如图 8-16 所示，机用虎钳是机床工作台上，用于夹紧工件、进行切削加工的一种通用工具。机用虎钳由 11 种零件组成，其中螺钉、圆柱销为标准件。

① 视图表达：三个基本视图和一个局部视图。

② 主视图：采用全剖视图，反映机用虎钳的工作原理和零件间的装配关系。

③ 俯视图：反映固定钳身的结构形状，并用局部剖视图表达钳口板与钳座的局部结构。

④ 左视图：采用半剖视图，剖切位置标注在主视图上。

（2）了解装配关系和工作原理

① 工作原理：旋转螺杆使螺母块带动活动钳身在水平方向左右移动，夹紧或松开零件。最大夹持厚度为 70mm，图 8-16 中的双点画线表示活动钳身的极限位置。

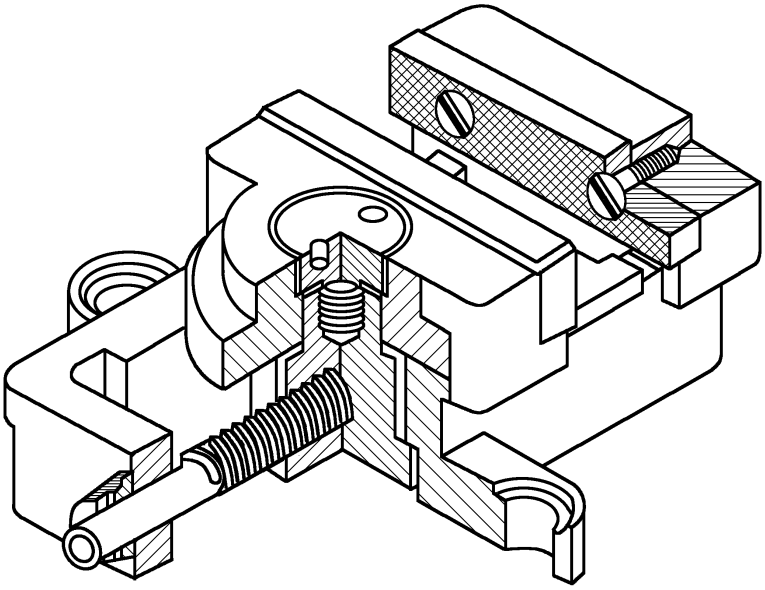


图 8-15　机用虎钳轴测图

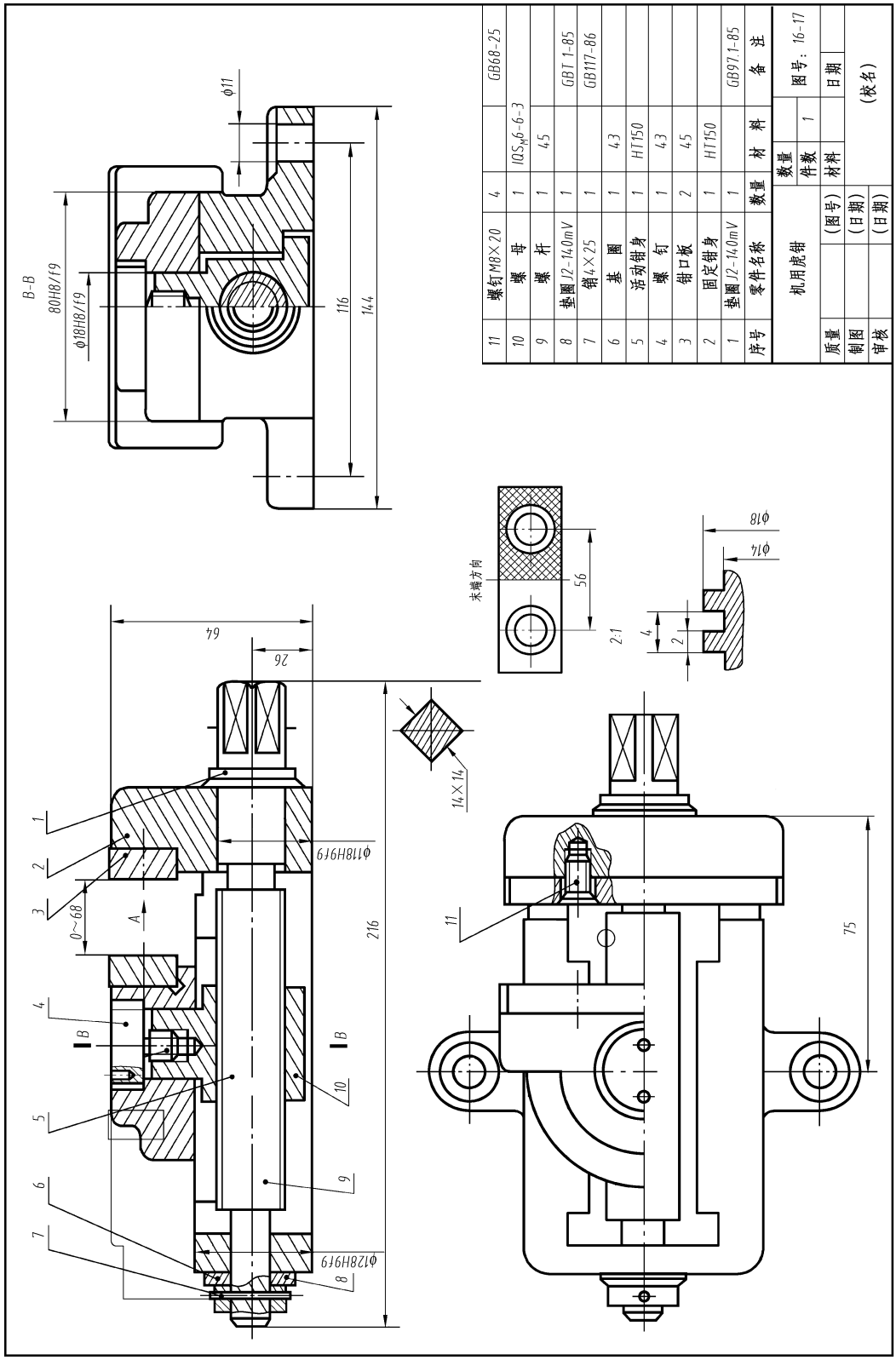
②装配关系：螺母块从固定钳身的下方装入工字形槽内，再装入螺杆，并由垫圈、环和销轴向固定。螺钉将活动钳身与螺母块连接，用螺钉将两块钳口板与活动钳身和固定钳座相连。方螺母通过螺钉来连接固定。钳口板和固定钳身采用螺钉连接固定。

（3）分析零件，读懂零件形状

机用虎钳的主要零件有固定钳身、螺杆、螺母块、活动钳身等。固定钳身的下方为工字形槽，装入螺母块，螺母块带动活动钳身沿固定钳座的导轨移动。因此，导轨表面有较高的表面粗糙度要求。螺母块与螺杆旋合，随螺杆转动，带动活动钳身左右移动。其上的螺纹有较高的粗糙度要求。螺母块的结构是上圆下方，上部圆柱与活动钳身配合，有尺寸公差要求。螺杆在钳座两端的圆柱孔内转动，两端与圆孔采用基孔制 ϕ18H8/f7、ϕ12H8/f6 的配合。活动钳身在固定钳座的水平导面上移动，结合面采用基孔制 82H8/f7 的间隙配合。

（4）综合分析

结合零件的作用和零件间的装配关系，以及装配图上和零件图上的尺寸及技术要求等进行全面的归纳总结，形成一个完整的认识，全面读懂装配图。



序号	零件名称	数量	材料	备注
11	螺钉M8×20	4		GB68-25
10	螺母	1	$10S_{M}6-6-3$	
9	螺杆	1	45	
8	垫圈12-140mV	1		GBT 1-85
7	销4×25	1		GB117-86
6	基圈	1	43	
5	活动钳身	1	HT150	
4	螺钉	1	43	
3	钳口板	2	45	
2	固定钳身	1	HT150	
1	垫圈12-140mV	1		GB97.1-85

机用虎钳		数量	1	图号：16-17
		件数		
质量	(图号)	材料		日期
制图	(日期)	(校名)		
审核	(日期)			

图8-16 机用虎钳装配图

8.4　由装配图拆画零件图

由装配图拆画零件图，是机械设计和机械维修时经常遇到的问题。在识读装配图的教学过程中拆画零件图，常常是检查是否真正读懂装配图的手段。

由装配图拆画零件图的步骤如下。

1. 读懂装配图

（1）概括了解

如图 8-17 所示，齿轮泵是机器中输送润滑油的部件，由泵体、泵盖、齿轮、密封零件及标准件等 15 个零件组成。装配图由三个基本视图表达，主视图为全剖视图，表达齿轮泵各零件之间的装配关系。左视图沿垫片与泵体的结合面剖开，并拆去 11、12、13、14 等零件，表达油泵的外部形状和齿轮的啮合情况，以及吸、压油的工作原理。俯视图表达泵盖的安全装置组成及工作情况。

在弄懂部件的工作原理和零件间的装配关系后，分析零件的结构形状，可有助于进一步了解部件结构特点。

分析某一零件的结构形状时，首先要在装配图中找出反映该零件形状特征的投影轮廓。接着可根据视图间的投影关系、同一零件在各剖视图中的剖面线方向、间隔必须一致的画法规定，将该零件的相应投影从装配图中分离出来。最后根据分离出的投影，按形体分析和结构分析的方法，弄清零件的结构形状。

（2）了解装配关系和工作原理

① 工作原理：动力带动主动齿轮轴转动，从而带动从动齿轮及从动轴转动，齿轮左边形成真空，润滑油在大气压力作用下自油管进入泵体，填满齿间，然后被带到出油孔处，把油压入输油管，送往各润滑管路中。当输油孔的油压超过额定压力时，弹簧压紧的钢球被顶开，使高低压通道相通，润滑油在泵体内循环，起到安全保护作用。旋转调节螺钉，可以改变弹簧的压缩量，调节弹簧压力，控制油压。

② 装配关系：泵体与泵盖由圆锥销定位，用 4 个螺栓连接。泵内的一对互相啮合的齿轮用泵体支撑，用填料、压盖及螺母密封。从动齿轮滑装在从动轴上，从动轴压配在泵体的轴孔中。

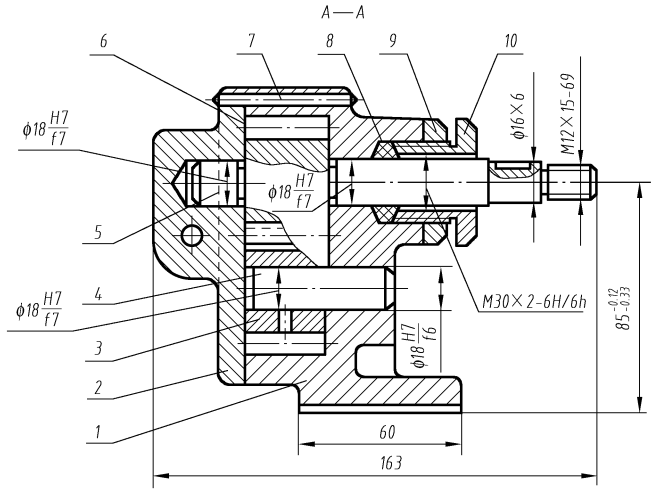
（3）分析尺寸

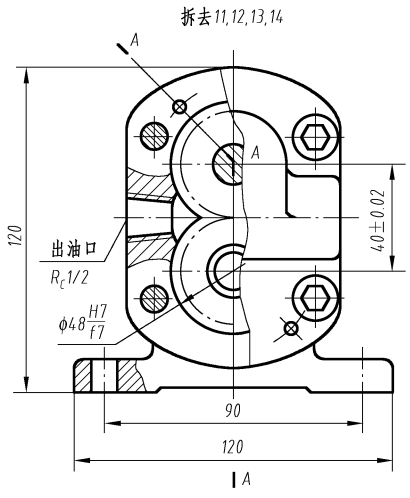
齿轮轴与泵盖、泵体支撑处的配合尺寸是 ϕ18H7/h7，齿轮的齿顶圆与泵体的内腔表面的配合尺寸为 ϕ48H7/f7。40 ± 0.02 是两啮合齿轮的中心距，90 是泵的安装尺寸。

2. 拆画零件图

（1）零件的表达

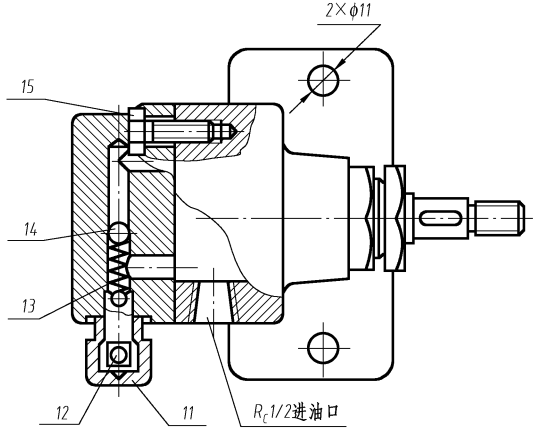
从装配图的主、左视图上分离出泵体的视图轮廓，如图 8-18 所示，由于泵体的部分投影被其他零件遮盖，所以是一幅不完整的图形。





技术要求

1. 齿轮安装后能用手灵活转动
2. 两齿轮轮齿的啮合长度不小于齿宽的3/4



序号	名称	数量	材料	备注
15	螺栓M8×12	4	Q235A	GB/T5783-2000
14	钢球	1	45	
13	弹簧	1	65Mn	
12	调节螺钉	1	Q235A	
11	防护螺母	1	Q235A	
10	压盖	1	45	
9	螺母	1	45	
8	填料	1	羊毛毡	
7	圆柱销A5×50	2	Q235A	GB/T119-2000
6	垫片	1	软钢纸板	
5	齿轮轴	1	45	
4	从动轴	1	45	
3	从动齿轮	1	45	
2	泵盖	1	HT200	
1	泵体	1	HT200	

设计			共张 第张		(单位)
校核			质量		齿轮油泵
审核			比例	1:2	(图号)

图8–17　齿轮泵

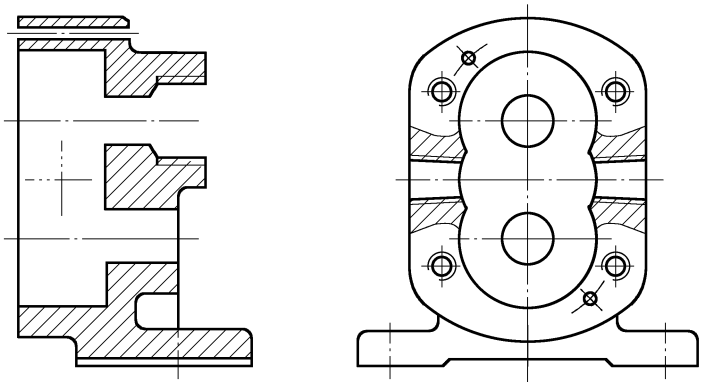


图 8-18　泵体

根据泵体的作用及其他零件的装配关系，按投影关系补齐视图中所缺的图线。泵体的主视图仍可采用装配图主视图的表达方案，符合其工作位置，可以表达泵体的内外结构形状。左视图与装配图中的左视图基本一致。补画出右视图，表达泵体右端凸缘的形状。画出俯视图的前后对称的一半，表达底板的形状和螺孔的深度。

（2）尺寸标注

装配图上已标注的尺寸，可以直接注到零件图上。对于配合尺寸，可注出极限尺寸偏差数值。对于标准结构，应查阅有关手册。零件上不重要的或非配合尺寸，可从装配图上按比例量取。

（3）注写技术要求

零件上注写的表面粗糙度、极限与配合、形位公差及热处理等技术要求，根据泵体在油泵中的作用和要求确定。例如，泵体空腔内表面与传动齿轮配合，精度较高，所以，表面粗糙度选用0.8，而螺孔要求较低，选用6.3。为保证两齿轮均匀啮合，两齿轮轴的轴线有平行度的要求。一般情况下，技术要求可参考同类产品确定。

（4）填写标题栏内容，完成全图，如图 8-19 所示。

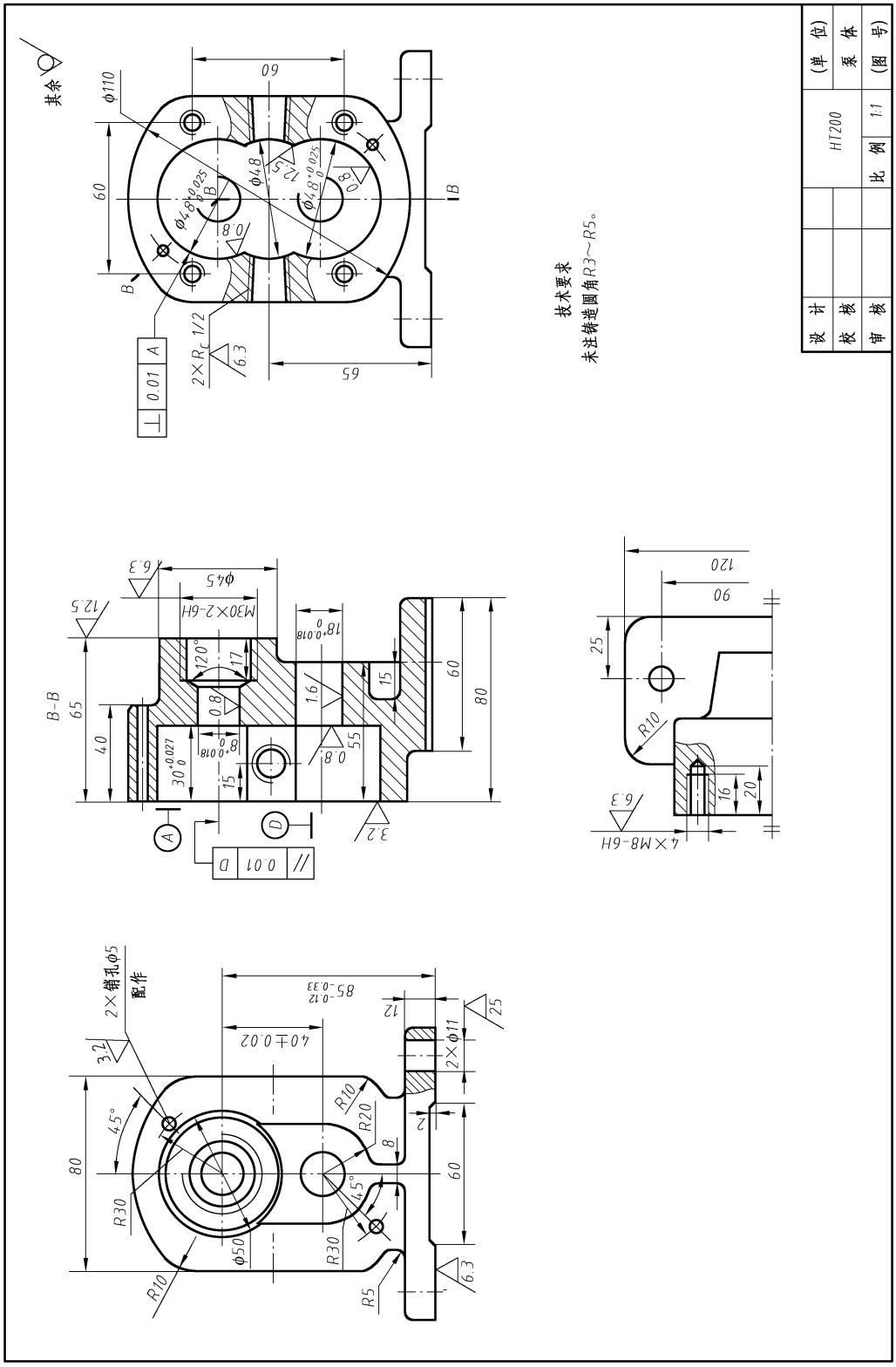

技术要求
未注铸造圆角R3～R5。
HT200
泵体
1:1
(单位)
(图号)
比例
设计
校核
审核
其余
2×销孔φ5
配作
B-B
4×M8-6H
2×φ11
M30×2-6H

图8-19 泵体零件图

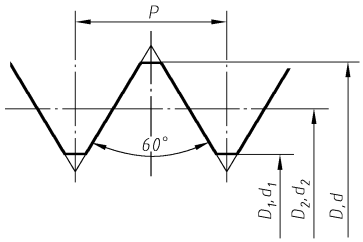
附　　录

附录1　螺纹

1. 普通螺纹

普通螺纹见附表1。

附表1　普通螺纹（GB/T 193—1981、GB/T 196—1981）　（单位：mm）



标记示例：

普通螺纹，公称直径10 mm，中径公差带代号5g，顶径公差带代号6g，中等旋合长度，标记为M10－5g6g

公称直径 D、d		螺　距　P		粗牙小径 D_1、d_1
第一系列	第二系列	粗牙	细牙	
3		0.5	0.35	2.459
	3.5	(0.6)		2.850
4		0.7	0.5	3.242
	4.5	(0.75)		3.688
5		0.8		4.134
6		1	0.75，(0.5)	4.917
8		1.25	1，0.75，(0.5)	6.647
10		1.5	1.25，1，0.75，(0.5)	8.376
12		1.75	1.5，1.25，1，(0.75)，(0.5)	10.106
	14	2	1.5，(1.25)，1，(0.75)，(0.5)	11.835
16		2	1.5，1，(0.75)，(0.5)	13.835
	18	2.5	2，1.5，1，(0.75)，(0.5)	15.294
20		2.5		17.294
	22	2.5	2，1.5，1，(0.75)，(0.5)	19.294
24		3	2，1.5，1，(0.75)	20.752
	27	3	2，1.5，1，(0.75)	23.752
30		3.5	(3)，2，1.5，1，(0.75)	26.211
	33	3.5	(3)，2，1.5，(1)，(0.75)	29.211
36		4	3，2，1.5，(1)	31.670
	39	4		34.670
42		4.5	(4)，3，2，1.5，(1)	37.129
	45	4.5		40.129
48		5		42.587
	52	5		46.587
56		5.5	4，3，2，1.5，(1)	50.046

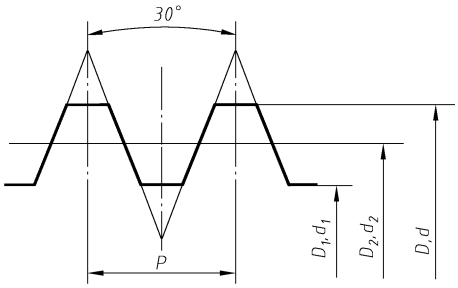
注：① 优先选用第一系列，括号内尺寸尽可能不用，第三系列未列入。

② M14×1.25仅用于火花塞。M35×1.5仅用于滚动轴承锁紧螺母。

2. 梯形螺纹

梯形螺纹见附表2。

附表2　梯形螺纹（GB/T 5796.1～5796.4—1986）　（单位：mm）



标记示例：

梯形螺纹，公称直径40mm，螺距7mm，中径公差带代号7H，中等旋合长度，标记为T140×7－7H

梯形螺纹，公称直径40mm，导程14mm，螺距7mm，左旋（LH），中径公差带代号7e，长旋合长度，标记为Tr40×14（P7）LH－7e－L

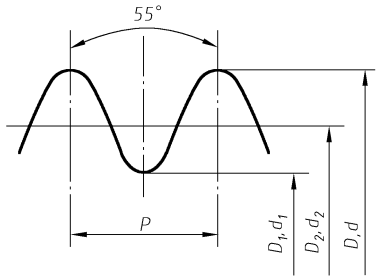
螺距 P																
第一系列	第二系列	20	18	16	14	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1.5
8 10 12	9 11													3 3	2 2 2 2	1.5 1.5 1.5
16	14 18												4 4	3	2 2 2	
20 24	22									8 8		5 5	4	3 3	2	
28	26 30						10			8 8	6	5 5		3 3 3		
32 36	34						10 10 10				6 6 6			3 3 3		
40	38 42						10 10 10			7 7 7				3 3 3		
44 48	46					12 12 12			8 8	7				3 3 3		
52	50 55				14	12 12		9	8 8					3 3 3		
60 70	65			16 16	14		10 10	9					4 4	3		

注：优先选用第一系列。

3. 非螺纹密封的管螺纹

非螺纹密封的管螺纹见附表3。

附表3　非螺纹密封的管螺纹（GB/T 7307—1987）



标记示例：

非螺纹密封的管螺纹，尺寸代号为3/4，左旋，标记为G3/4－LH

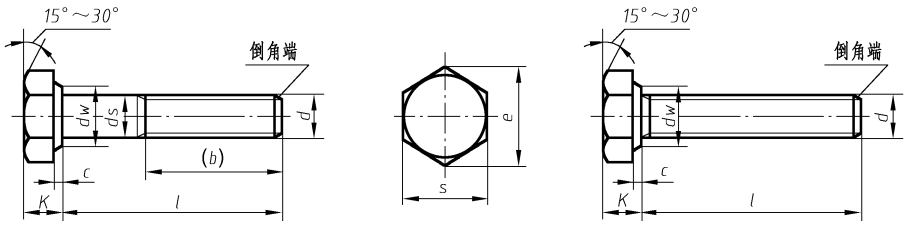
螺纹名称	每25.4mm中的螺纹牙数 n	螺距 P（mm）	螺纹直径	
			大径 D，d（mm）	小径 D_1，d_1（mm）
1/8	28	0.907	9.728	8.566
1/4	19	1.337	13.157	11.445
3/8	19	1.337	16.662	14.950
1/2	14	1.814	20.955	18.631
5/8	14	1.814	22.911	20.587
3/4	14	1.814	26.441	24.117
7/8	14	1.814	30.201	27.877
1	11	2.309	33.249	30.291
$1\frac{1}{8}$	11	2.309	37.897	34.939
$2\frac{1}{4}$	11	2.309	41.910	38.952
$1\frac{1}{2}$	11	2.309	47.803	44.845
$1\frac{3}{4}$	11	2.309	53.746	50.788
2	11	2.309	59.614	56.656
$2\frac{1}{4}$	11	2.309	65.710	62.752
$2\frac{1}{2}$	11	2.309	75.184	72.226
$2\frac{3}{4}$	11	2.309	81.534	78.576
3	11	2.309	87.884	84.926

附录2　螺栓

六角头螺栓见附表4。

附表4　六角头螺栓　　（单位：mm）

六角头螺栓（GB/T 5782—2000）　　六角头螺栓　　全螺纹（GB/T 5783—2000）



标记示例：

螺纹规格 d = M12、公称长度 f = 80mm、性能等级为8.8级、表面氧化、产品等级为A级的六角头螺栓，标记为螺栓　GB/T 5782 M12×80

螺纹规格 d = M12、公称长度 f = 80mm、性能等级为8.8级、表面氧化、全螺纹、产品等级为A级的六角头螺栓，标记为螺栓　GB/T 5783 M12×80

螺纹规格	d	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
b 参考	$l \leqslant 125$	14	16	18	22	26	30	38	46	54	66	8		
	$125 < l \leqslant 200$	—	—	—	28	32	36	44	52	60	72	84	96	108
	$l > 200$	—	—	—	—	—	—	57	65	73	85	97	109	121
C_{max}		0.4	0.5		0.6			0.8					1	
k_{max}		2.925	3.65	4.15	5.45	6.58	7.68	10.18	12.715	15.215				
d_{smax}		4	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
S_{max}		7	8	10	13	16	18	24	30	36	46	55	65	75
e_{min}	A	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	26.75	33.53	39.98				
	B	—	8.63	10.89	14.2	17.59	19.85	26.17	32.95	39.55	50.85	60.79	72.02	82.6
d_{wmin}	A	5.88	6.88	8.28	11.63	14.63	16.63	22.49	28.19	33.61	—	—	—	—
	B	5.74	6.74	8.74	11.47	14.47	16.47	22	27.7	33.25	42.75	51.11	59.95	69.45
l 范围	GB/T 5782	25～40	25～50	30～60	35～80	40～100	45～120	55～160	65～200	80～240	90～300	110～360	130～400	140～400
	GB/T 5783	8～40	10～50	12～60	16～80	20～100	25～100	35～100	40～100				80～500	100～500
l 系列	GB/T 5782	20～65（5进位）、70～160（10进位）、180～400（20进位）												
	GB/T 5783	8、10、12、16、18、20～65（5进位）、70～160（10进位）、180～500（20进位）												

注：① P 是螺距。末端应倒角，螺纹规格 d≤M4 为辗制末端。

② 螺纹公差带代号为6g。

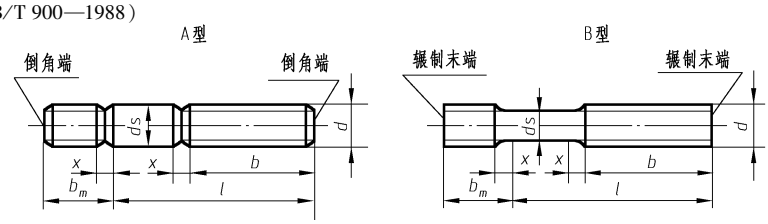
③ 产品等级A级用于 d = 1.6～24mm 和 $l \leqslant 10d$ 或 $l \leqslant 150$mm（按较小值）的螺栓，B级用于 $d > 24$mm 或 $f < 10d$ 或 $f > 150$mm（按较小值）的螺栓。

附录3　螺柱

双头螺柱见附表5。

附表5　双头螺柱　　（单位：mm）

$b_m = 1d$（GB/T 897—1988）
$b_m = 1.25d$（GB/T 898—1988）
$b_m = 1.5d$（GB/T 899—1988）
$b_m = 2d$（GB/T 900—1988）



标记示例：

两端均为粗牙普通螺纹，$d = 10$mm，$l = 50$mm，性能等级为4.8级，B型，$b_m = 1d$，标记为螺柱　GB/T 897　M10×50

旋入一端为粗牙普通螺纹，旋螺母一端为螺距 $P = 1$mm 的细牙普通螺纹，$d = 10$mm，$f = 50$mm，性能等级为4.8级，A型，$b_m = 1d$，标记为螺柱　GB/T 897　AM10－M10×1×50

旋入一端为过渡配合的第一种配合，旋螺母一端为粗牙普通螺纹，$d = 10$mm，$l = 50$mm，性能等级为8.8级，B型，$b_m = 1d$，标记为螺柱　GB/T 897　GMlO－MlO×50－8.8

螺纹规格 d		M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
b_m	GB/T 897	5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
	GB/T 898	6	8	10	12	15	20	25	30	38	45	52	60
	CB/T 899	8	10	12	15	18	24	30	36	45	54	63	72
	GB/T 900	10	12	16	20	24	32	40	48	60	72	84	96
d_s		5	6	8	10	12	16	20	24	30	36	42	48
X		1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5P	1.5p	1.5p	1.5P	1.5P	1.5P
$\frac{l}{b}$		16～22/10	16～22/10	20～22/12	25～28/14	25～30/16	30～38/20	35～40/25	45～50/30	60～65/40	65～75/45	70～80/50	80～90/60
		25～50/16	25～30/14	25～30/16	30～38/16	32～40/20	40～55/30	45～65/35	55～75/45	70～90/50	80～110/60	85～110/70	98～110/80
			32～75/18	32～90/22	40～120/26	45～120/30	60～120/38	70～120/46	80～120/54	95～120/60	120/78	120/90	120/102
					130/32	130～180/36	130～200/44	130～200/52	130～200/60	130～200/72	130～200/84	130～200/96	130～200/108
										210～250/85	210～300/91	210～300/109	210～300/121
f（系列）		16，(18)，20，(22)，25，(28)，30，(32)，35，(38)，40，45，50，(55)，60，(65)，70，(75)，80，(85)，90，(95)，100，110，120，130，140，150，160，170，180，190，200，210，220，230，240，250，260，280，300											

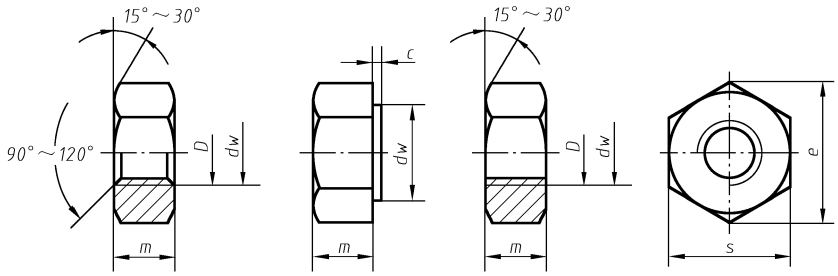
注：① 括号内的规格尽可能不采用。
② P 为螺距。
③ d 为螺纹中径（仅适用于B型）。

附录4　螺母

六角螺母见附表6。

附表6　六角螺母　　（单位：mm）

1 型六角螺母（GB/T 6170—2000）
六角螺母 C 级（GB/T 41—2000）



标记示例：

螺纹规格 D = M12、性能等级为 10 级、不经表面处理、产品等级为 A 级的 1 型六角螺母，标记为螺母　GB/T 6170 M12

螺纹规格 D = M12、性能等级为 5 级、不经表面处理、产品等级为 C 级的六角螺母，标记为螺母　GB/T 41 M12

螺纹规格 D		M4	M5	M6	N8	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48
C		0.4	0.5		0.6			0.8					1	
S_{max}		7	8	10	13	16	18	24	30	36	46	55	65	75
e_{min}	A、B 级	7.66	8.79	11.05	14.38	17.77	20.03	26.75	32.95	39.55	50.85	60.79	72.02	82.6
	C 级	—	8.63	10.89	14.2	17.59	19.85	26.17	32.95	39.55	50.85	60.79	72.02	82.6
m_{max}	A、B 级	3.2	4.7	5.2	6.8	8.4	10.8	14.8	18	21.5	25.6	31	34	38
	C 级	—	5.6	6.1	7.9	9.5	12.2	15.9	18.7	22.3	26.4	31.5	34.9	38.9
d_{wmin}	A、B 级	5.9	6.9	8.9	11.6	14.6	16.6	22.5	27.7	33.2	42.7	51.1	60.6	69.4
	C 级	—	6.9	8.7	11.5	14.5	16.5	22	27.7	33.2	42.7	51.1	60.6	69.4

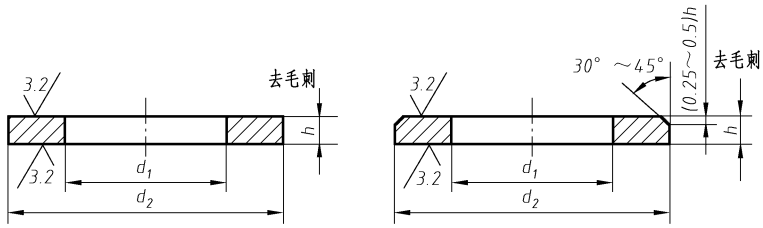
注：① A 级用于 $D \leqslant 16$mm 的螺母，B 级用于 $D > 16$mm 的螺母，C 级用于螺纹规格为 M5～M64 的六角螺母。
② 螺纹公差 A、B 级为 6H，C 级为 7H；机械性能等级 A、B 级为 6、8、10 级，C 级为 4、5 级。

附录5　垫圈

平垫圈见附表7。

附表7　平垫圈　　（单位：mm）

平垫圈 A 级（GB/T 97.1—1985）　　平垫圈倒角型 A 级（GB/T97.2—1985）



标记示例：

标准系列、公称尺寸 $d=8$mm、性能等级为 140HV 级、不经表面处理的平垫圈，标记为垫圈　GB/T 97.1 8－140HV

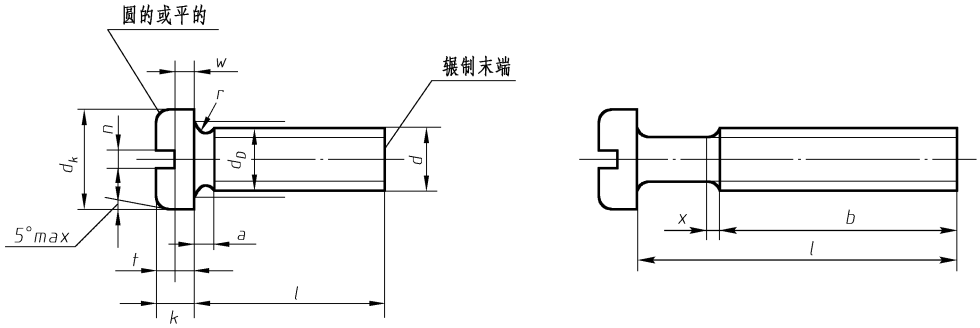
公称尺寸（螺纹规格 d）	内径 d_1		外径 d_2		厚度 h		
	公称（min）	max	公称（max）	min	公称	max	min
1.6	1.7	1.84	4	3.7	0.3	0.35	0.25
2	2.2	2.34	5	4.7	0.3	0.35	0.25
2.5	2.7	2.84	6	5.7	0.5	0.55	0.45
3	3.2	3.38	7	6.64	0.5	0.55	0.45
4	4.3	4.48	9	8.64	0.8	0.9	0.7
5	5.3	5.48	10	9.64	1	1.1	0.9
6	6.4	6.62	12	11.57	1.6	1.8	1.4
8	8.4	8.62	16	15.57	1.6	1.8	1.4
10	10.5	10.77	20	19.48	2	2.2	1.8
12	13	13.27	24	23.48	2.5	2.7	2.3
14	15	15.27	28	27.48	2.5	2.7	2.3
16	17	17.27	30	29.48	3	3.3	2.7
20	21	21.33	37	36.38	3	3.3	2.7
24	25	25.33	44	43.38	4	4.3	3.7
30	31	31.39	56	55.26	4	4.3	3.7
36	37	37.62	66	64.8	5	5.6	4.4

注：平垫圈倒角型 A 级（GB/T 97.2—1985）主要用于螺纹规格 M5～M36。

附录6　螺钉

1. 开槽圆柱头螺钉（GB/T 65—2000）

开槽圆柱头螺钉如图1所示。



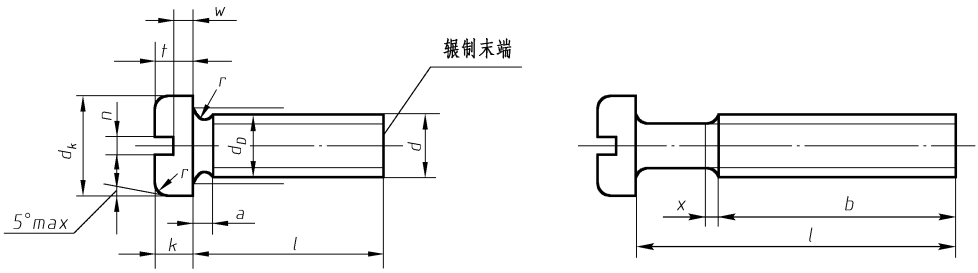
无螺纹部分杆径等于中径或螺纹大径

图1　开槽圆柱头螺钉

标记示例：螺纹规格 $d=M5$、公称长度 $l=20mm$、性能等级为4.8级、不经表面处理的A级开槽圆柱头螺钉，标记为螺钉 GB/T 65 M5×20。

2. 开槽盘头螺钉（GB/T 67—2000）

开槽盘头螺钉如图2所示。



无螺纹部分杆径约等于中径或等于螺纹大径

图2　开槽盘头螺钉

标记示例：螺纹规格 $d=M5$、公称长度 $l=20mm$、性能等级为4.8级、不经表面处理的A级开槽盘头螺钉，标记为螺钉 GB/T 67 M5×20。

开槽圆柱头螺钉和开槽盘头螺钉的具体规格见附表8。

附表8　开槽圆柱头螺钉（GB/T 65—2000）和开槽盘头螺钉（GB/T 67—2000）（单位：mm）

螺纹规格 d	M1.6	M2	M2.5	M3	M4		M5		M6		M8		M10	
类　别					GB/T165	GB/T167	GB/T65	GB/T67	GB/T165	GB/T67	GB/T65	GB/T67	GB/T65	GB/T167
P	0.35	0.4	0.45	0.5	0.7		0.8		1		1.25		1.5	
a（max）	0.7	0.8	0.9	1	1.4		1.6		2		2.5		3	

续表

螺纹规格 d		M1.6	M2	M2.5	M3	M4		M5		M6		M8		M10	
类　　别						GB/T165	GB/T167	GB/T65	GB/T67	GB/T165	GB/T67	GB/T65	GB/T67	GB/T65	GB/T167
b（min）		25	25	25	25	38		38		38		38		38	
d_k	max	3.2	4	5	5.6	7	8	8.5	9.5	10	12	13	16	16	20
	min	2.9	3.7	4.7	5.3	6.78	7.64	8.28	9.14	9.78	11.57	12.73	15.57	15.73	19.48
d_a（max）		2.1	2.6	3.1	3.6	4.7		5.7		6.8		9.2		11.2	
k	max	1	1.3	1.5	1.8	2.6	2.4	3.3	3	3.9	3.6	5	4.8	6	
	min	0.85	1.1	1.3	1.6	2.45	2.2	3.1	2.8	3.6	3.3	4.7	4.5	5.7	
n	公称	0.4	0.5	0.6	0.8	1.2		1.2		1.6		2		2.5	
	min	0.46	0.56	0.66	0.86	1.26		1.26	1.28	1.66		2.06		2.56	
	max	0.6	0.7	0.8	1	1.51		1.51		1.91		2.31		2.81	
r（min）		0.1	0.1	0.1	0.1	0.2		0.2		0.25		0.4		0.4	
r_f（参考）		0.5	0.6	0.8	0.9	1.2		1.5		1.8		2.4		3	
t（min）		0.35	0.5	0.6	0.7	1.1	1	1.3	1.2	1.6	1.4	2	1.9	2.4	
w（min）		0.3	0.4	0.5	0.7	1.1	1	1.3	1.2	1.6	1.4	2	1.9	2.4	
x（max）		0.9	1	1.1	1.25	1.75		2		2.5		3.2		3.8	
l															
公称	min	max													
2	1.8	2.2													
2.5	2.3	2.7													
3	2.8	3.2													
4	3.7	4.3													
5	4.7	5.3													
6	5.7	6.3													
8	7.7	8.3		商品											
10	9.7	10.3													
12	11.6	12.4													
(14)	13.6	14.4													
16	15.6	16.4					规 格								
20	19.6	20.4													
25	24.6	25.4													
30	29.6	30.4													
35	34.5	35.5										范 围			
40	39.5	40.5													
45	44.5	45.5													
50	49.5	50.5													
(55)	54.4	55.6													
60	59.4	60.6													

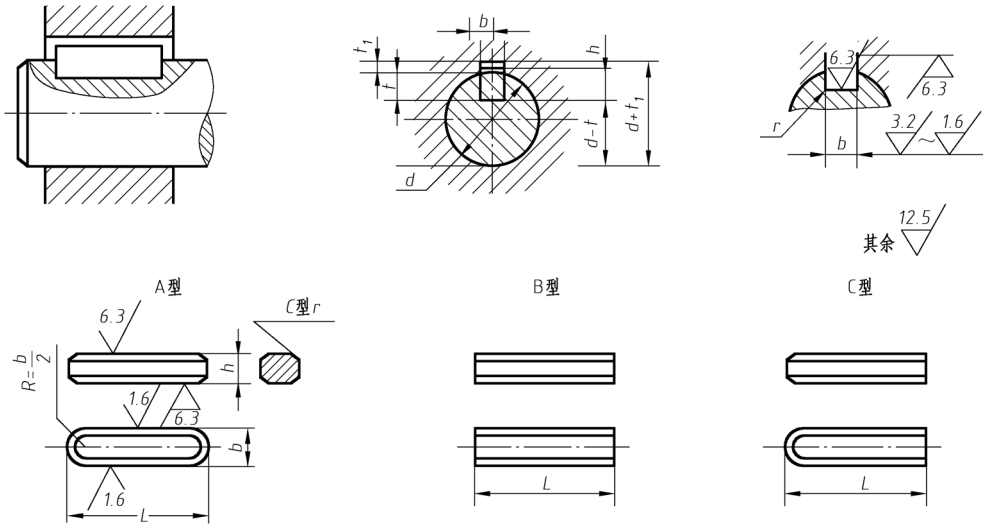
注：① 尽可能不采用括号内的规格。
② P 是螺距。
③ 公称长度在虚线以上的螺钉，制出全螺纹。

附录7　键

1. 平键

平键见附表9。

附表9　平键（GB/T 1095—1979、GB/T 1096—1979）　（单位：mm）



标记示例：
平头普通平键（B型），$b=16$mm、$h=10$mm、$l=100$mm，标记为键 B16×100 GB/T 1096—1979

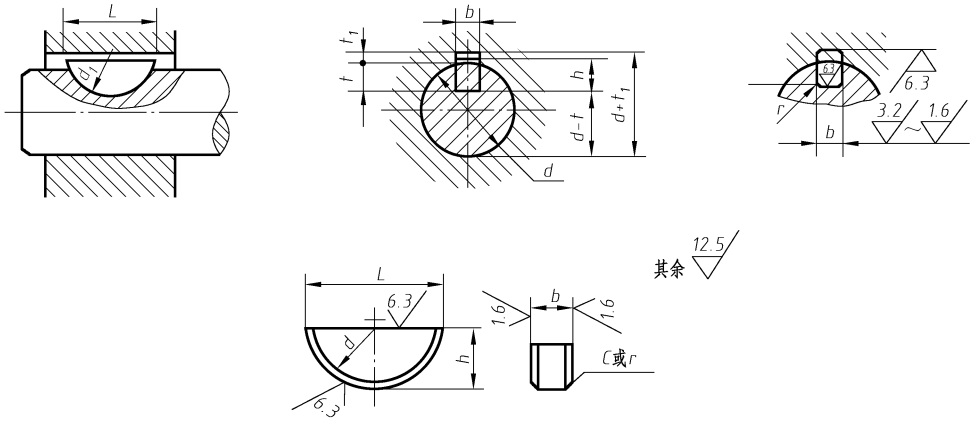
轴径 d	键的公称尺寸			键槽												
				宽度 b						深度				半径 r	
				b	偏差					轴		毂			
					较松键连接		一般键连接		较紧键连接						
	b	h	L		轴 H9	毂 D10	轴 N9	毂 Js9	轴和毂 P9	l	偏差	t_1	偏差	最小	最大
6～8	2	2	6～20	2	+0.025 0	+0.060 +0.020	−0.004 −0.029	±0.0125	−0.006 −0.031	1.2	+0.1 0	1	+0.1 0	0.08	0.16
>8～10	2	3	6～36	3						1.8		1.4			
>10～12	4	4	8～45	4	+0.030 0	+0.078 +0.030	0 −0.030	±0.015	−0.012 −0.042	2.5		1.8			
>12～17	5	5	10～56	5						3.0		2.3		0.16	0.25
>17～22	6	6	14～70	6						3.5		2.8			
>22～30	8	7	18～90	8	+0.036 0	+0.098 +0.040	0 −0.036	±0.018	−0.015 −0.051	4.0	+0.2 0	3.3	+0.2 0	0.25	0.40
>30～38	10	8	22～110	10						5.0		3.3			
>38～44	12	8	28～140	12	+0.043 0	+0.120 +0.050	0 −0.043	±0.0215	−0.018 −0.061	5.0		3.3			
>44～50	14	9	36～160	14						5.5		3.8			
>50～58	16	10	45～180	16						6.0		4.3			
f（系列）	6，8，10，12，14，16，18，20，22，25，28，32，36，40，45，50，56，63，70，80，90，100，110，125，140，160，180														

注：（$d-t$）和（$d+t_1$）的偏差按相应的 t 和 t_1 的偏差选取，但（$d-t$）的偏差值应取负号。

2. 半圆键

半圆键见附表 10。

附表 10　半圆键（GB/T 1098—1979 、GB/T 1099—1979）　　（单位：mm）



标记示例：

半圆键 $b=6$mm，$h=10$mm、$d_1=25$mm，标记为半圆键 6×25 GB/T 1099—1979

轴径 d		键				键槽									
键传递扭矩	键定位用	公称尺寸 $b\times h\times d_1$	l	倒角		宽度 b				深度				半径 r	
						公称尺寸	偏差			轴		毂			
							一般键连接		较紧键连接						
				最小	最大		轴 N9	毂 Js9	轴和毂 P9	t	偏差	t_1	偏差	最小	最大
3～4	3～4	1.0×1.4×4	3.9	0.16	0.25	1.0	−0.004 −0.029	±0.012	−0.006 −0.031	1.0	+0.1 0	0.6	+0.1 0	0.08	0.16
>4～5	>4～6	1.5×2.6×7	6.8			1.5				2.0		0.8			
>5～6	>6～8	2.0×2.6×7	6.8			2.0				1.8		1.0			
>6_ 7	>8～10	2.0×3.7×10	9.7			2.0				2.9		1.0			
>7～8	>10～12	2.5×3.7×10	9.7			2.5				2.7		1.2			
>8～10	>12～15	3.0×5.0×13	12.7			3.0				3.8	+0.2 0	1.4			
>10～12	>15～18	3.0×6.5×16	15.7			3.0				5.3		1.4		0.16	0.25
>12～14	>18～20	4.0×6.5×16	15.7	0.25	0.40	4.0	0 −0.030	±0.015	−0.012 −0.042	5.0		1.8			
>14－16	>20～22	4.0×7.5×19	18.6			4.0				6.0		1.8			
>16～18	>22～25	5.0×6.5×16	15.7			5.0				4.5		2.3			
>18－20	>25～28	5.0×7.5×19	18.6			5.0				5.5		2.3			
>20～22	>28～32	5.0×9.0×22	21.6			5.0				7.0		2.3			
>22～25	>32～36	6.0×9.0×22	21.6			6.0				6.5	+0.3 0	2.8			
>25～28	>36～40	6.0×10.0×25	24.5			6.0				7.5		2.8	+0.2 0	0.25	0.40
>28～32	40	8.0×11.0×28	27.4	0.40	0.60	8.0	0 −0.036	±0.018	−0.015 −0.051	8.0		3.3			
>32～38		10.0×13.0×32	31.4			10.0				10.0		3.3			

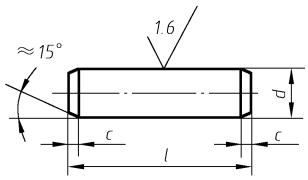
注：（$d-t$）和（$d+t_1$）的偏差按相应的 t 和 t_1 的偏差选取，但（$d-t$）的偏差应取负号。

附录8　销

1. 圆柱销

圆柱销见附表11。

附表11　圆柱销（GB/T 119.1—2000）　（单位：mm）



标记示例：

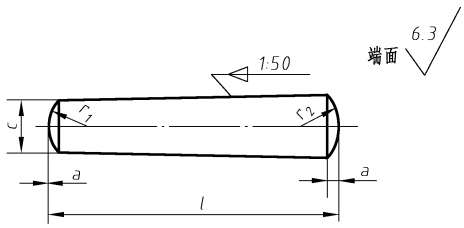
公称直径 $d=8$mm、公差为m6、公称长度 $f=30$mm、材料为钢、不经淬火、不经表面处理的圆柱销标记为销 GB/T 119.1 8m6×30

d 公称	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
r 上≈	0.25	0.30	0.40	0.50	0.63	0.80	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5
C（约等于）	0.35	0.40	0.50	0.63	0.80	1.2	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5
z（商品范围）	6～20	6～24	8～30	8～40	10～50	12～60	14～80	16～95	22～140	26～180	35～200
Z（系列）	6，8，10，12，14，16，18，20，22，24，26，28，30，32，35，40，45，50，55，60，65，70，75，80，85，90，95，100，120，140，160，180，200										

2. 圆锥销

圆锥销见附表12。

附表12　圆锥销（GB/T 117—2000）　（单位：mm）



$$r_1=d,\ r_2\approx\frac{a}{2}+d+\frac{(0.02l)}{8a}2$$

标记示例：

公称直径 $d=10$mm、公称长度 $Z=60$mm、材料35钢、热处理硬度28～38HRC、表面氧化处理的A型圆锥销标记为销　GB/T 117 10×60

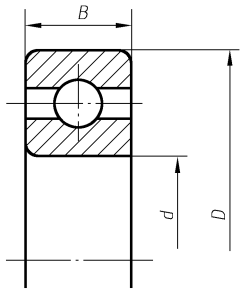
d 公称	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	16	20
Ⅱ≈	0.25	0.3	0.4	0.5	0.63	0.8	1	1.2	1.6	2	2.5
f（商品范围）	10～35		12～45	14～55	18～60	22～90	22～120	26～160	32～180	40～200	45～200
Z（系列）	10，12，14，16，18，20，22，24，26，28，30，32，35，40，45，50，55，60，65，70，75，80，85，90，95，100，120，140，160，180，200										

附录9　滚动轴承

1. 深沟球轴承

深沟球轴承见附表13。

附表13　深沟球轴承（GB/T 276—1994）　（单位：mm）



类型代号6

代号示例：

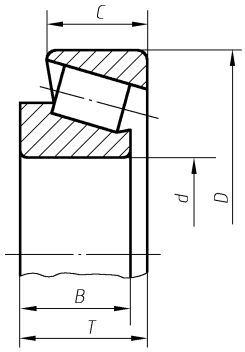
尺寸系列代号为02、内径代号为06的深沟球轴承标记为6206

轴承代号		外形尺寸			轴承代号		外形尺寸		
		d	*D*	*B*			*d*	*D*	*B*
01系列	6004	20	42	12	03系列	6304	20	52	15
	6005	25	47	12		6305	25	62	17
	6006	30	55	13		6306	30	72	19
	6007	35	62	14		6307	35	80	21
	6008	40	68	15		6308	40	90	23
	6009	45	75	16		6309	45	100	25
	6010	50	80	16		6310	50	110	27
	6011	55	90	18		6311	55	120	29
	6012	60	95	18		6312	60	130	31
	6013	65	100	18		6313	65	140	33
	6014	70	110	20		6314	70	150	35
	6015	75	115	20		6315	75	160	37
	6016	80	125	22		6316	80	170	39
	6017	85	130	22		6317	85	180	41
	6018	90	140	24		6318	90	190	43
	6019	95	145	24		6319	95	200	45
	6020	100	150	24		6320	100	215	47
02系列	6204	20	47	14	04系列	6404	20	72	19
	6205	25	52	15		6405	25	80	21
	6206	30	62	16		6406	30	90	23
	6207	35	72	17		6407	35	100	25
	6208	40	80	18		6408	40	110	27
	6209	45	85	19		6409	45	120	29
	6210	50	90	20		6410	50	130	31
	6211	55	100	21		6411	55	140	33
	6212	60	110	22		6412	60	150	35
	6213	65	120	23		6413	65	160	37
	6214	70	125	24		6414	70	180	42
	6215	75	130	25		6415	75	190	45
	6216	80	140	26		6416	80	200	48
	6217	85	150	28		6417	85	210	52
	6218	90	160	30		6418	90	225	54
	6219	95	170	32		6419	95	240	55
	6220	100	180	34		6420	100	250	58

2. 圆锥滚子轴承

圆锥滚子轴承见附表 14。

附表 14　圆锥滚子轴承　　（单位：mm）



类型代号 3

代号示例：

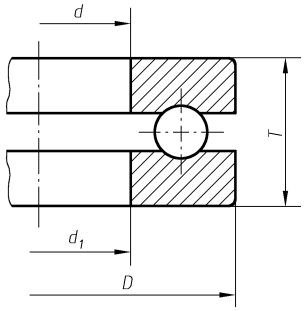
尺寸系列代号为 03、内径代号为 12 的圆锥滚子轴承标记为 30312

轴承代号		外形尺寸					轴承代号		外形尺寸				
		d	*D*	*T*	*B*	*C*			*d*	*D*	*T*	*B*	*C*
02 系列	30204	20	47	15. 25	14	12	22 系列	32204	20	47	19. 25	18	15
	30205	25	52	16. 25	15	13		32205	25	52	19. 25	18	16
	30206	30	62	17. 25	16	14		32206	30	62	21. 25	20	17
	30207	35	72	18. 25	17	15		32207	35	72	24. 25	23	19
	30208	40	80	19. 75	18	16		32208	40	80	24. 75	23	19
	30209	45	85	20. 75	19	16		32209	45	85	24. 75	23	19
	30210	50	90	21. 75	20	17		32210	50	90	24. 75	23	19
	30211	55	100	22. 75	21	18		32211	55	100	26. 75	25	21
	30212	60	110	23. 75	22	19		32212	60	110	29. 75	28	24
	30213	65	120	24. 75	23	20		32213	65	120	32. 75	31	27
	30214	70	125	26. 25	24	21		32214	70	125	33. 25	31	27
	30215	75	130	27. 25	25	22		32215	75	130	33. 25	31	27
	30216	80	140	28. 25	26	22		32216	80	140	35. 25	33	28
	30217	85	150	30. 50	28	24		32217	85	150	38. 50	36	30
	30218	90	160	32. 50	30	26		32218	90	160	42. 50	40	34
	30219	95	170	34. 50	32	27		32219	95	170	45. 50	43	37
	30220	100	180	37	34	29		32220	100	180	49	46	39
03 系列	30304	20	52	16. 25	15	13	23 系列	32304	20	52	22. 25	21	18
	30305	25	62	18. 25	17	15		32305	25	62	25. 25	24	20
	30306	30	72	20. 75	19	16		32306	30	72	28. 75	27	23
	30307	35	80	22. 75	21	18		32307	35	80	32. 75	31	25
	30308	40	90	25. 25	23	20		32308	40	90	35. 25	33	27
	30309	45	100	27. 25	25	22		32309	45	100	38. 25	36	30
	30310	50	110	29. 25	27	23		32310	50	110	42. 25	40	33
	30311	55	120	31. 50	29	25		32311	55	120	45. 50	43	35
	30312	60	130	33. 50	31	26		32312	60	130	48. 50	46	37
	30313	65	140	36	33	28		32313	65	140	51	48	39
	30314	70	150	38	35	30		32314	70	150	54	51	42
	30315	75	160	40	37	31		32315	75	160	58	55	45
	30316	80	170	42. 50	39	33		32316	80	170	61. 50	58	48
	30317	85	180	44. 50	41	34		32317	85	180	63. 50	60	49
	30318	90	190	46. 50	43	36		32318	90	190	67. 50	64	53
	30319	95	200	49. 50	45	38		32319	95	200	71. 50	67	55
	30320	100	215	51. 50	47	39		32320	100	215	77. 50	73	60

3. 推力球轴承

推力球轴承见附表 15。

附表 15　推力球轴承（GB/T 301—1995）　　（单位：mm）



类型代号 5

代号示例：

尺寸系列代号为 13、内径代号为 10 的推力球轴承标记为 51310

轴承代号		外形尺寸				轴承代号		外形尺寸			
		d	*D*	*T*	dfsmin			*d*	*D*	*T*	dfsmin
11 系列	51104	20	35	10	21	13 系列	51304	20	47	18	22
	51105	25	42	11	26		51305	25	52	18	27
	51106	30	47	11	32		51306	30	60	21	32
	51107	35	52	12	37		51307	35	68	24	37
	51108	40	60	13	42		51308	40	78	26	42
	51109	45	65	14	47		51309	45	85	28	47
	51110	50	70	14	52		51310	50	95	31	52
	51111	55	78	16	57		51311	55	105	35	57
	51112	60	85	17	62		51312	60	110	35	62
	51113	65	90	18	67		51313	65	115	36	67
	51114	70	95	18	72		51314	70	125	40	72
	51115	75	100	19	77		51315	75	135	44	77
	51116	80	105	19	82		51316	80	140	44	82
	51117	85	110	19	87		51317	85	150	49	88
	51118	90	120	22	92		51318	90	155	50	93
	51120	1130	135	25	102		51320	100	170	55	103
12 系列	51204	20	40	14	22	14 系列	51405	25	60	24	27
	51205	25	47	15	27		51406	30	70	28	32
	51206	30	52	16	32		51407	35	80	32	37
	51207	35	62	18	37		51408	40	90	36	42
	51208	40	68	19	42		51409	45	100	39	47
	51209	45	73	20	47		51410	50	110	43	52
	51210	50	78	22	52		51411	55	120	48	57
	51211	55	90	25	57		51412	60	130	51	62
	51212	60	95	26	62		51413	65	140	56	68
	51213	65	100	27	67		51414	70	150	60	73
	51214	70	105	27	72		51415	75	160	65	78
	51215	75	1 10	27	77		51416	80	170	68	83
	51216	80	115	28	82		51417	85	180	72	88
	51217	85	125	31	88		51418	90	190	77	93
	51218	90	135	35	93		51420	100	210	85	103
	51220	100	150	38	103		51422	110	230	95	113

附录10　标准公差及常用配合孔和轴的极限偏差

1. 标准公差

标准公差见附表16。

附表16　标准公差表（GB/T1800.4—1999）

基本尺寸（mm）		公差值																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	到	μm											mm						
—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.2	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7

注：① 根据国际标准，以上为基本尺寸0～500mm、1～18级精度标准公差表。

② 基本尺寸小于1mm时，无IT14～IT18。基本尺寸大于500mm的IT1～IT5标准公差数值为试行的。

2. 常用配合孔的极限偏差

常用配合孔的极限偏差见附表 17。

附表 17　常用配合孔的极限偏差表

（单位：μm）

代号		A	B	C	D	E	F	G	H							JS		K			M	N		P		R	S	T	U
基本尺寸（mm）		公差等级																											
大于	至	11	11	11	9	8	8	7	6	7	8	9	10	11	12	6	7	6	7	8	7	6	7	6	7	7	7	7	7
—	3	+330 +270	+200 +140	+120 +60	+45 +20	+28 +14	+20 +6	+12 +2	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0	±3	±5	0 −6	0 −10	0 −14	−2 −12	−4 −10	−4 −14	−6 −12	−6 −16	−10 −20	−14 −24	—	−18 −28
3	6	+345 +270	+215 +140	+145 +70	+60 +30	+38 +20	+28 +10	+16 +4	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0	±4	±6	+2 −6	+3 −9	+5 −13	0 −12	−5 −13	−4 −16	−9 −17	−8 −20	−11 −23	−15 −27	—	−19 −31
6	10	+370 +280	+240 +150	+170 +80	+76 +40	+47 +25	+35 +13	+20 +5	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0	±4.5	±7	+2 −7	+5 −10	+6 −16	0 −15	−7 −16	−4 −19	−12 −21	−9 −24	−13 −28	−17 −32	—	−22 −37
10 14	14 18	+400 +290	+260 +150	+205 +95	+93 +50	+59 +32	+43 +16	+24 +6	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0	±5.5	±9	+2 −9	+6 −12	+8 −19	0 −18	−9 −20	−5 −23	−15 −26	−11 −29	−16 −34	−21 −39	—	−26 −44
18	24	+430 +300	+290 +160	+240 +110	+117 +65	+73 +40	+53 +20	+28 +7	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0	±6.5	±10	+2 −11	+6 −15	+10 −23	0 −21	−11 −24	−7 −28	−18 −31	−14 −35	−20 −41	−27 −48	—	−33 −54
24	30																											−33 −54	−40 −61
30	40	+470 +310	+330 +170	+280 +120	+142 +80	+89 +50	+64 +25	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0	±8	±12	+3 −13	+7 −18	+12 −27	0 −25	−12 −28	−8 −33	−21 −37	−17 −42	−25 −50	−34 −59	−39 −64	−51 −76
40	50	+480 +320	+340 +180	+290 +130																								−45 −70	−61 −86
50	65	+530 +360	+380 +190	+330 +140	+174 +100	+106 +60	+76 +30	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0	±9.5	±15	+4 −15	+9 −21	+14 −32	0 −30	−14 −33	−9 −39	−26 −45	−21 −51	−30 −60	−42 −72	−55 −85	−76 −106
65	80	+550 +360	+390 +200	+340 +150																						−32 −62	−48 −78	−64 −94	−91 −121
80	100	+600 +380	+440 +220	+390 +170	+207 +120	+125 +72	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0	±11	±17	+4 −18	+10 −25	+16 −38	0 −35	−16 −38	−10 −45	−30 −52	−24 −59	−38 −73	−58 −93	−78 −113	−111 −146
100	120	+630 +410	+460 +240	+400 +180																						−41 −76	−66 −101	−91 −126	−131 −166

3. 常用配合轴的极限偏差

常用配合轴的极限偏差见附表 18。

附表 18　常用配合孔的极限偏差表

（单位：μm）

代号		a	b	c	d	e	f	g	h								js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
基本尺寸（mm）		公差等级																											
大于	至	11	11	11	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	11	12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
—	3	-270 -330	-140 -200	-60 -120	-20 -45	-14 -28	-6 -16	-2 -8	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100	±3	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	—	+26 +20	—	+32 +26
3	6	-270 -345	-140 -215	-70 -145	-30 -60	-20 -38	-10 -22	-4 -12	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120	±4	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	—	+36 +28	—	+43 +35
6	10	-280 -338	-150 -240	-80 -170	-40 -76	-25 -47	-13 -28	-5 -14	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150	±4.5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	—	+43 +34	—	+51 +42
10	14	-290 -400	-150 -260	-95 -205	-50 -93	-32 -59	-16 -34	-6 -17	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180	±5.5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	—	+51 +40	—	+61 +50
14	18																							—		+50 +39	+56 +45	-	+71 +60
18	24	-300 -430	-160 290	-110 -240	-65 -117	-40 -73	-20 -41	-7 -20	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210	±6.5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	—	+54 +41	+60 +47	+67 +54	+76 +63	+86 +73
24	30																							+54 +41	+61 +48	+68 +55	+77 +64	+88 +75	+101 +88
30	40	-310 -470	-170 -330	-120 -280	-80 -142	-50 -89	-25 -50	-9 -25	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250	±8	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48	+76 +60	+84 +68	+96 +80	+110 +94	+128 +112
40	50	-320 -480	-180 -340	-130 -290																				+70 +54	+86 +70	+97 +81	+113 +97	+130 +114	+152 +136
50	65	-340 -530	-190 -380	-140 -330	-100 -174	-60 -106	-30 -60	-10 -29	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300	±9.5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66	+106 +87	+121 +102	+141 +122	+163 +144	+191 +172
65	80	-360 -550	-200 -390	-150 -340																		+62 +43	+78 +59	+94 +75	+121 +102	+139 +120	+165 +146	+193 +174	+229 +210
80	100	-380 -600	-220 -440	-170 -390	-120 -207	-72 -126	-36 -71	-12 -34	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	0 -350	±11	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91	+146 +124	+168 +146	+200 +178	+236 +214	+280 +258
100	120	-410 -630	-240 -460	-180 -400																		+76 +54	+101 +79	+126 +104	+166 +144	+194 +172	+232 +210	+276 +254	+332 +310

3. 常用配合轴的极限偏差

常用配合轴的极限偏差见附表 18。

附表 18　常用配合孔的极限偏差表

（单位：μm）

代号		a	b	c	d	e	f	g	h								js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
基本尺寸（mm）		公差等级																											
大于	至	11	11	11	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	11	12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
—	3	−270 −330	−140 −200	−60 −120	−20 −45	−14 −28	−6 −16	−2 −8	0 −4	0 −6	0 −10	0 −14	0 −25	0 −40	0 −60	0 −100	±3	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	—	+26 +20	—	+32 +26
3	6	−270 −345	−140 −215	−70 −145	−30 −60	−20 −38	−10 −22	−4 −12	0 −5	0 −8	0 −12	0 −18	0 −30	0 −48	0 −75	0 −120	±4	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	—	+36 +28	—	+43 +35
6	10	−280 −338	−150 −240	−80 −170	−40 −76	−25 −47	−13 −28	−5 −14	0 −6	0 −9	0 −15	0 −22	0 −36	0 −58	0 −90	0 −150	±4.5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	—	+43 +34	—	+51 +42
10	14	−290 −400	−150 −260	−95 −205	−50 −93	−32 −59	−16 −34	−6 −17	0 −8	0 −11	0 −18	0 −27	0 −43	0 −70	0 −110	0 −180	±5.5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	—	+51 +40	—	+61 +50
14	18																							—		+50 +39	+56 +45	–	+71 +60
18	24	−300 −430	−160 290	−110 −240	−65 −117	−40 −73	−20 −41	−7 −20	0 −9	0 −13	0 −21	0 −33	0 −52	0 −84	0 −130	0 −210	±6.5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	—	+54 +41	+60 +47	+67 +54	+76 +63	+86 +73
24	30																							+54 +41	+61 +48	+68 +55	+77 +64	+88 +75	+101 +88
30	40	−310 −470	−170 −330	−120 −280	−80 −142	−50 −89	−25 −50	−9 −25	0 −11	0 −16	0 −25	0 −39	0 −62	0 −100	0 −160	0 −250	±8	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48	+76 +60	+84 +68	+96 +80	+110 +94	+128 +112
40	50	−320 −480	−180 −340	−130 −290																				+70 +54	+86 +70	+97 +81	+113 +97	+130 +114	+152 +136
50	65	−340 −530	−190 −380	−140 −330	−100 −174	−60 −106	−30 −60	−10 −29	0 −13	0 −19	0 −30	0 −46	0 −74	0 −120	0 −190	0 −300	±9.5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66	+106 +87	+121 +102	+141 +122	+163 +144	+191 +172
65	80	−360 −550	−200 −390	−150 −340																		+62 +43	+78 +59	+94 +75	+121 +102	+139 +120	+165 +146	+193 +174	+229 +210
80	100	−380 −600	−220 −440	−170 −390	−120 −207	−72 −126	−36 −71	−12 −34	0 −15	0 −22	0 −35	0 −54	0 −87	0 −140	0 −220	0 −350	±11	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91	+146 +124	+168 +146	+200 +178	+236 +214	+280 +258
100	120	−410 −630	−240 −460	−180 −400																		+76 +54	+101 +79	+126 +104	+166 +144	+194 +172	+232 +210	+276 +254	+332 +310

续表

代号		a	b	c	d	e	f	g	h								js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z
基本尺寸（mm）		公差等级																											
大于	至	11	11	11	9	8	7	6	5	6	7	8	9	10	11	12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
120	140	-460 -710	-260 -510	-200 -450																		+88 +63	+117 +92	+147 +122	+195 +170	+227 +202	+273 +248	+325 +300	+390 +365
140	160	-520 -770	-280 -530	-210 -460	-145 -245	-85 -148	-43 -83	-14 -39	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	0 -160	0 -250	0 -400	±12.5	+28 +3	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+159 +134	+215 +190	+253 +228	+305 +280	+365 +340	+440 +415
160	180	-580 -830	-310 -560	-230 -480																		+93 +68	+133 +108	+171 +146	+235 +210	+227 +252	+335 +310	+405 +380	+490 +465
180	200	-660 -950	-340 -630	-240 -530																		+106 +77	+151 +122	+195 +166	+265 +236	+313 +284	+379 +350	+454 +425	+549 +520
200	225	-740 -1030	-380 -670	-260 -550	-170 -285	-100 -172	-50 -96	-15 -44	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	0 -185	0 -290	0 -460	±14.5	+33 +4	+45 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +180	+287 +258	+339 +310	+414 +385	+499 +470	+604 +575
225	250	-820 -1110	-420 -710	-280 -570																		+113 +84	+169 +140	+225 +196	+313 +284	+369 +340	+454 +425	+549 +520	+669 +640
250	280	-920 -1240	-480 -800	-300 -620	-190 -320	-110 -191	-56 -108	-17 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	0 -320	0 -520	±16	+36 +4	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94	+190 +158	+250 +218	+347 +315	+417 +385	+507 +475	+612 +580	+742 +710
280	315	-1050 -1370	-540 -860	-330 -650																		+130 +98	+202 +170	+272 +240	+382 +350	+457 +425	+557 +525	+682 +650	+822 +790
315	355	-1200 -1560	-600 -960	-360 -720	-210 -350	-125 -214	-62 -119	-18 -54	0 -25	0 -36	0 -57	0 -89	0 -140	0 -230	0 -360	0 -570	±18	+40 +4	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108	+226 +190	+304 +268	+426 +390	+511 +475	+626 +590	+766 +730	+936 +900
355	400	-1350 -1710	-680 -1040	-400 -760																		+150 +114	+244 +208	+330 +294	+471 +435	+566 +530	+696 +660	+856 +820	+1036 +1000
400	450	-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840	-230 -385	-135 -232	-68 -131	-20 -60	0 -27	0 -40	0 -63	0 -97	0 -155	0 -250	0 -400	0 -630	±20	+45 +5	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126	+272 +232	+370 +330	+530 +490	+635 +595	+780 +740	+960 +920	+1140 +1100
450	500	-1650 -2050	-840 -1240	-480 -880																		+172 +132	+292 +252	+400 +360	+580 +540	+700 +660	+860 +820	+1040 +1000	+1290 +1250

欢迎登录 免费 获取本书教学资源
http://www.hxedu.com.cn

中等职业技术学校规划教材

机械制图　（主编 莫新鉴 闭克辉）

机械制图习题集　（主编 莫新鉴 李清文）

机械基础　（主编 林振琨 雷凤琼　主审 杨胜卫）

机械加工与实训　（主编 曾益民 蓝日采）

数控机床原理与维护　（主编 黄荣亿 梁家生）

数控车编程与实训教程　（主编 林秀朋 李健龙）

数控铣编程与实训教程　（主编 兰松云 周宝誉）

CAD/CAM软件应用实训教程——Mastercam X3　（主编 张挺）

CAD/CAM软件应用实训教程——Pro/ENGINEER　（主编 徐红艳 廖雪梅）

电气控制技术基础　（主编 伦洪山 柯坚）

ISBN 978-7-121-10855-6

策划编辑：白楠
责任编辑：白楠
封面设计：一克米工作室

本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。

定价：　　元